





20123 Milano, via S. Orsola 1
tel. (+39)-0286452002

PARABOLOIDE Ø32m MEDICINA
ANALISI NUOVI PANNELLI DEL PRIMARIO
VI ANELLO

Milano, 8 / 1 / 2020
Doc: p2847_rep1_ v2 (versione n° 2)

| Versione | Data | Pagine modificate | Descrizione delle modifiche |
|----------|-----------|----------------------|---|
| I | 20/8/2019 | 1-132 | Prima emissione |
| II | 8/1/2020 | 1-131 | Revisione alla luce dei commenti ricevuti |
| | | | |

| Autore BCV progetti Srl | | | |
|-------------------------|--------------------------|-------------|---|
| Riferimento interno | p2847_Rep1_v2 | | |
| Emissione | II | | |
| Data: | 8/1/2020 | | |
| Scritto da: | G. Parodi (BCV progetti) | Signed by : |  |
| Emesso da: | G. Parodi (BCV progetti) | Signed by: |  |

Indice

| | |
|---|----|
| 1. INTRODUZIONE | 7 |
| 1.1. Scopo delle attività | 7 |
| 1.2. Descrizione dei pannelli – Configurazione nominale | 7 |
| 2. DOCUMENTI di RIFERIMENTO | 12 |
| 2.1. DOCUMENTI | 12 |
| 2.2. DISEGNI | 12 |
| 3. MATERIALI | 13 |
| 4. CRITERI DI ANALISI - MODELLAZIONE AD ELEMENTI FINITI | 14 |
| 4.1. Modello geo0..... | 16 |
| 4.2. Modello geo1..... | 17 |
| 4.3. Modello geo2..... | 18 |
| 4.4. Varianti analizzate | 20 |
| 4.4.1. Configurazioni geo0_a geo1_a geo2_A | 20 |
| 4.4.2. Configurazioni geo0_b geo1_b geo2_b geo2_B | 20 |
| 4.4.3. Configurazioni geo0_c geo1_c geo2_c geo2_C | 21 |
| 4.4.4. Configurazioni geo0_d geo1_d geo2_d geo2_D | 21 |
| 4.4.5. Configurazioni geo1_e geo2_e geo2_E | 21 |
| 4.4.6. Configurazioni geo0_f geo1_f geo2_f g geo2_F | 22 |
| 4.4.7. Configurazioni geo1_g geo2_g geo2_G | 23 |
| 4.5. Sistemi di riferimento..... | 24 |
| 4.6. Unità di misura | 25 |
| 4.7. Parametri globali per caratterizzare la deformata del pannello | 25 |
| 4.8. Sollecitazioni e sforzi..... | 26 |
| 5. CARICHI | 27 |
| 5.1. Gravità..... | 27 |
| 5.2. Carichi termici | 28 |
| 5.3. Corsa degli Attuatori..... | 28 |
| 5.4. Carichi Locali..... | 28 |
| 5.5. Vento..... | 30 |
| 5.6. Neve | 33 |
| 6. ANALISI STRUTTURALI DELLA CONFIGURAZIONE NOMINALE – RISULTATI | 34 |
| 6.1. Analisi modali | 34 |
| 6.1.1. Forme modali geometria geo0_a | 35 |
| 6.1.2. Forme modali geometria geo1_a | 36 |
| 6.1.3. Forme modali geometria geo2_a | 38 |
| 6.2. Effetti della gravità..... | 41 |
| 6.2.1. Deformata del pannello | 41 |
| 6.2.1.1. Gravità normale al pannello..... | 41 |
| 6.2.1.2. Gravità laterale | 46 |

| | |
|---|-----|
| 6.2.1.3. Pannello Nord – Deformata in funzione dell'angolo di elevazione | 51 |
| 6.2.1.4. Pannello Sud – Deformata in funzione dell'angolo di elevazione..... | 56 |
| 6.2.1.5. Pannelli Est-Ovest – Deformata in funzione dell'angolo di elevazione | 61 |
| 6.2.2. Sforzi massimi nel pannello ("skin" e profili a Z) | 67 |
| 6.2.3. Azioni e sforzi massimi negli spezzoni di collegamento del pannello | 67 |
| 6.2.3.1. Variante tipo a (geo2_a) | 68 |
| 6.2.3.2. Variante tipo c (geo2_c)..... | 69 |
| 6.2.3.3. Variante tipo f (geo2_f) | 70 |
| 6.2.3.4. Variante tipo g (geo2_g) | 71 |
| 6.3. Effetti di una variazione di temperatura uniforme | 73 |
| 6.3.1. Deformata del pannello | 73 |
| 6.3.2. Stato di sforzo nelle piastre degli attuatori. | 82 |
| 6.3.3. Azioni e sforzi massimi negli spezzoni di collegamento del pannello | 83 |
| 6.3.3.1. Configurazione geo1_a..... | 84 |
| 6.3.3.2. Configurazione geo1_B | 84 |
| 6.3.3.3. Configurazione geo1_C | 85 |
| 6.3.3.4. Configurazione geo1_D | 85 |
| 6.3.3.5. Configurazione geo1_F | 86 |
| 6.3.3.6. Configurazione geo1_G..... | 86 |
| 6.3.3.7. Configurazione geo2_B | 87 |
| 6.3.3.8. Configurazione geo2_C | 87 |
| 6.3.3.9. Configurazione geo2_D | 88 |
| 6.3.3.10. Configurazione geo2_F | 89 |
| 6.3.3.11. Configurazione geo2_G | 89 |
| 6.4. Corsa degli attuatori..... | 90 |
| 6.4.1. Deformata del pannello | 90 |
| 6.4.2. Stato di sforzo nelle piastre degli attuatori. | 91 |
| 6.4.3. Azioni e sforzi massimi negli spezzoni di collegamento del pannello | 91 |
| 6.4.4. Picco di sforzo nel pannello..... | 92 |
| 6.5. Carichi locali..... | 93 |
| 6.5.1. Deformata del pannello | 93 |
| 6.5.2. Sforzi massimi nel pannello..... | 94 |
| 6.5.3. Azioni e sforzi massimi negli spezzoni di collegamento del pannello | 95 |
| 6.6. Vento | 97 |
| 6.6.1. Vento Operativo | 97 |
| 6.6.1.1. Azioni e sforzi massimi negli elementi del pannello e nei collegamenti | 99 |
| 6.6.2. Vento di sopravvivenza | 105 |
| 6.6.2.1. Deformata del pannello..... | 105 |
| 6.6.2.2. Azioni e sforzi massimi negli spezzoni di collegamento del pannello | 105 |
| 6.6.2.2.1. GEOMETRIA geo1_a..... | 107 |
| 6.6.2.2.2. GEOMETRIA geo2_a..... | 107 |

| | |
|--|-----|
| 6.6.2.2.3. GEOMETRIA geo1_c..... | 108 |
| 6.6.2.2.4. GEOMETRIA geo2_c..... | 109 |
| 6.6.2.2.5. GEOMETRIA geo1_f..... | 110 |
| 6.6.2.2.6. GEOMETRIA geo2_f..... | 111 |
| 6.6.2.2.7. GEOMETRIA geo1_g..... | 112 |
| 6.6.2.2.8. GEOMETRIA geo2_g..... | 112 |
| 6.6.2.3. Sforzi massimi nella pelle del pannello..... | 113 |
| 6.6.2.4. Sforzi massimi nelle piastre di ancoraggio degli spezzoni | 116 |
| 6.7. Neve | 120 |
| 6.7.1. Deformata del pannello | 120 |
| 6.7.2. Azioni e sforzi massimi negli spezzoni di collegamento del pannello | 121 |
| 6.7.3. Sforzi massimi nel pannello..... | 122 |
| 6.7.4. Sforzi massimi nelle piastre di ancoraggio degli spezzoni | 123 |
| 7. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE | 125 |
| 7.1. Deformabilità del pannello | 125 |
| 7.2. Sforzi massimi nelle piastre di ancoraggio degli spezzoni..... | 128 |
| 7.3. Sforzi massimi negli spezzoni di collegamento dei pannelli | 129 |
| 8. ACRONIMI e SIMBOLI | 131 |

INDICE TABELLE

| | |
|--|-----|
| TABELLA 1 – NUMERO DI NODI E DI ELEMENTI UTILIZZATI NELLE TRE MODELLAZIONI | 19 |
| TABELLA 2 – DIFFERENZE TRA LE VARIANTI TIPO “A” E TIPO “B” | 20 |
| TABELLA 3 – DIFFERENZE TRA LE VARIANTI TIPO “A” E TIPO “C” | 21 |
| TABELLA 4 – PESO TOTALE DEI TRE MODELLI NELLA CONFIGURAZIONE ORIGINARIA DI PROGETTO..... | 27 |
| TABELLA 5 – MASSE CONCENTRATE | 28 |
| TABELLA 6 – RISULTANTI DEI CARICHI DA VENTO NEL SISTEMA DI RIFERIMENTO DEFINITO DAL PIANO SECANTE AL PANNELLO..... | 32 |
| TABELLA 7 –FREQUENZE DEI PRIMI MODI DI VIBRARE NEI TRE MODELLI ANALIZZATI. | 34 |
| TABELLA 8 - GRAVITÀ NORMALE AL PANNELLO – PARAMETRI DI DEFORMAZIONI DELLA SUPERFICIE OTTICA | 41 |
| TABELLA 9 - GRAVITÀ NORMALE AL PANNELLO – EFFETTO IRRIGIDENTE DEI VINCOLI DI PIANO..... | 42 |
| TABELLA 10 - GRAVITÀ LATERALE (-Y) – PARAMETRI DI DEFORMAZIONI DELLA SUPERFICIE OTTICA..... | 46 |
| TABELLA 11 - GRAVITÀ LATERALE (-Y) – PARAMETRI DI DEFORMAZIONI DELLA SUPERFICIE OTTICA DEPURATA DAL PIANO DI BESTFIT | 50 |
| TABELLA 12 - GRAVITÀ LATERALE (-Y) – DEFINIZIONE DELLE ROTOTRASLAZIONI RIGIDE RIMOSSE (PIANI DI BESTFIT). SISTEMA 35. | 50 |
| TABELLA 13 – PANNELLO NORD - PARAMETRI DI DEFORMABILITÀ IN FUNZIONE DELL’ELEVAZIONE | 53 |
| TABELLA 14 – PANNELLO SUD - PARAMETRI DI DEFORMABILITÀ IN FUNZIONE DELL’ELEVAZIONE | 58 |
| TABELLA 15 – PANNELLI EST-OVEST - PARAMETRI DI DEFORMABILITÀ IN FUNZIONE DELL’ELEVAZIONE | 64 |
| TABELLA 16 – $\Delta T=+30^{\circ}\text{C}$ UNIFORME - PARAMETRI DI DEFORMABILITÀ. | 74 |
| TABELLA 17 Ø32M MEDICINA VS. Ø64M SRT | 77 |
| TABELLA 18 – $\Delta T=+30^{\circ}\text{C}$ UNIFORME - SFORZI MASSIMI NELLE PIASTRE DI ANCORAGGIO DEGLI ATTUATORI. | 82 |
| TABELLA 19 – $\Delta T=+30^{\circ}\text{C}$ UNIFORME - SFORZI MASSIMI NEGLI SPEZZONI | 84 |
| TABELLA 20 – CORSA ATTUATORI..... | 90 |
| TABELLA 21 – CORSA ATTUATORI - PARAMETRI DI DEFORMABILITÀ..... | 90 |
| TABELLA 22 – CORSA ATTUATORI - SFORZI EQUIVALENTI MASSIMI NELLE PIASTRE REGGI SPEZZONI. | 91 |
| TABELLA 23 – SFORZI MASSIMI NEL PANNELLO | 94 |
| TABELLA 24 – PARAMETRI DI DEFORMABILITÀ PER CARICHI DA VENTO | 97 |
| TABELLA 25 – AZIONI NEGLI SPEZZONI CON VENTO DI SOPRAVVIVENZA DI PROGETTO | 106 |
| TABELLA 26 – PARAMETRI DI DEFORMABILITÀ PER CARICHI DA NEVE | 120 |

1. INTRODUZIONE

1.1. Scopo delle attività

La stazione di Radioastronomia di Medicina (INAF-IRA) ospita un radiotelescopio a montatura alt-azimutale, con parabola di diametro 32m e focale 10.21m

La superficie ottica della parabola è costituita da una serie di pannelli in alluminio, disposti secondo 6 anelli.

Recentemente si è deciso di implementare il controllo attivo della forma della parabola per poter compensare le deformate a scala temporale maggiore (tipicamente le deformate da gravità), permettendo in tal modo di aumentare la frequenza a cui eseguire le osservazioni.

Tale intervento richiede la sostituzione dei pannelli che realizzano il primario ed il secondario con elementi aventi:

- migliori tolleranze di produzione rispetto alla forma nominale;
- maggior rigidità per ridurre le deformate indotte dalla gravità e dal vento operativo.

Il presente report è dedicato alle analisi strutturali del nuovo disegno proposto per i pannelli dello specchio primario del radiotelescopio. In particolare, tra le varie tipologie di pannelli previsti sui diversi anelli, si analizzerà quella di dimensioni maggiori (VI anello), in quanto maggiormente critica.

Nel corso delle analisi si considereranno i seguenti aspetti:

- frequenze proprie e forme modali del pannello.
- Deformate del pannello indotte da:
 - gravità
 - variazioni termiche uniformi
 - vento operativo
 - corsa degli attuatori che realizzano il controllo attivo
- Stato di sollecitazione nel pannello e negli elementi di collegamento alle strutture in carpenteria metallica del paraboloide indotto da:
 - gravità
 - variazioni termiche uniformi
 - vento di sopravvivenza
 - corsa degli attuatori che realizzano il controllo attivo
 - neve
- influenza della deformabilità delle piastre di nodo del paraboloide sugli aspetti sopra elencati, soprattutto in riferimento allo stato deformativo indotto dalla gravità laterale.

1.2. Descrizione dei pannelli – Configurazione nominale

La geometria del pannello utilizzata per le analisi strutturali è stata desunta da TR4. Il pannello in lega di alluminio è costituito da una pelle di spessore 1.5mm, deformata in fase di produzione su un mandrino avente, al negativo, la forma del settore di paraboloide desiderato.

La proiezione piana di tale elemento ha forma trapezia con basi lunghe rispettivamente 1803.31 e 2098.15mm ed altezza pari a 2785.37mm, si veda la Figura 1-1

La sottile pelle che costituisce la superficie riflettente è irrigidita da 11 profili a Z di altezza pari a 100mm disposti parallelamente alle basi (Z tangenti V. Figura 1-2) e due profili a Z di altezza pari a 150mm disposti lungo i due lati inclinati del trapezio (Z radiali V. Figura 1-3).

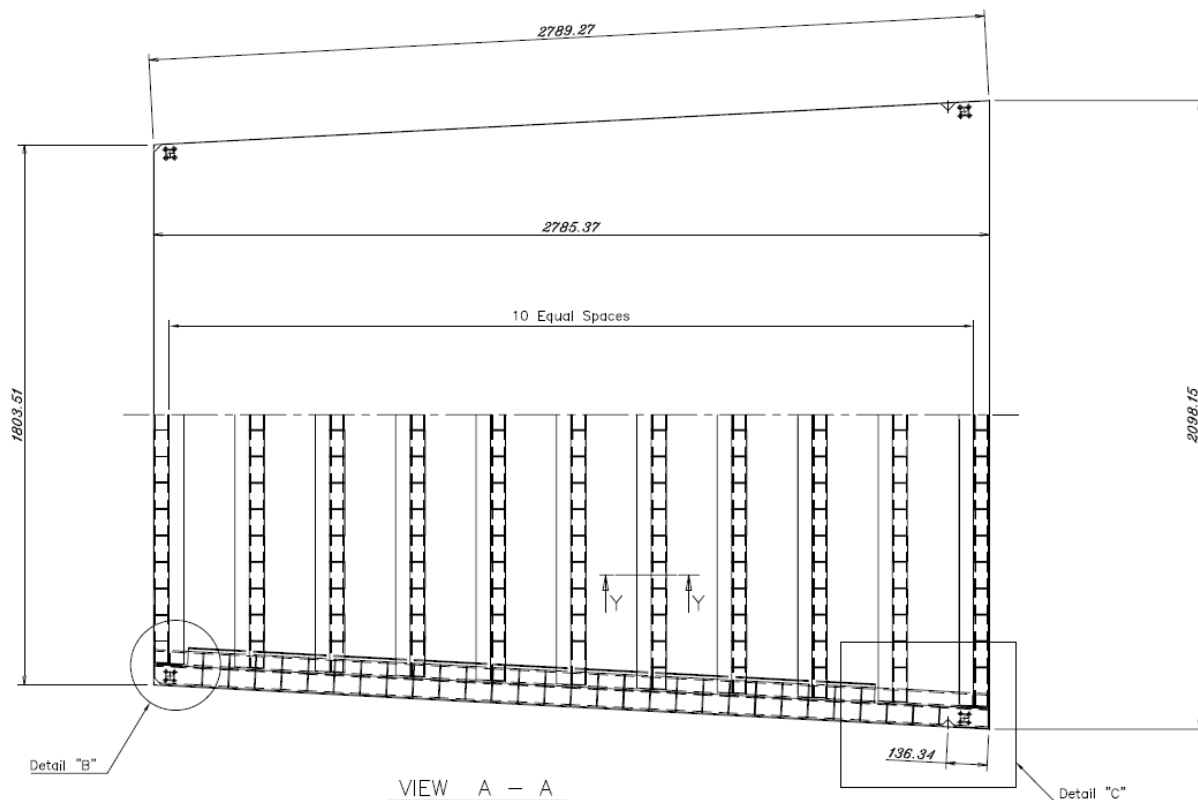
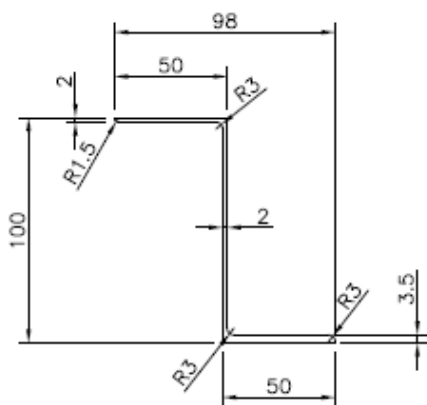
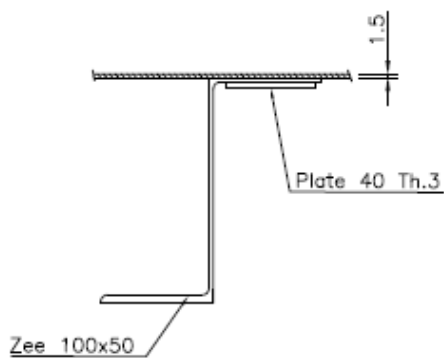


Figura 1-1-Geometria pannello Ring VI

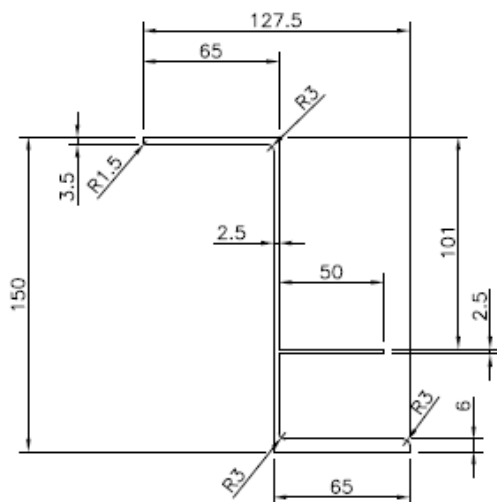


Zee Profile 100x50



Zee Profile 100x50
+ Plate

Figura 1-2-Geometria Z tangenti



Zee Profile 150x65

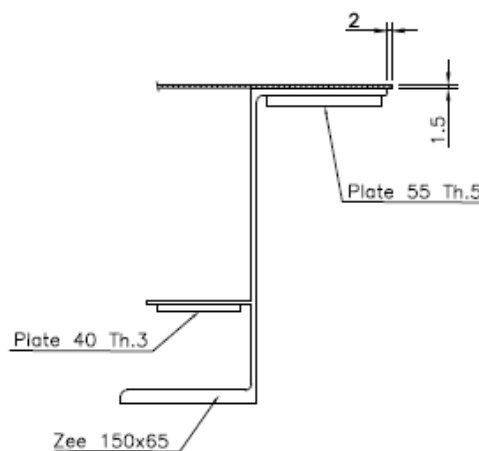
Zee Profile 150x65
+ Plates

Figura 1-3—Geometria Z radiali

I profili irrigidenti a Z sono deformati in modo da seguire la forma del paraboloide e fissati alla pelle mediante adesivo. Per poter fare ciò essi vengono preventivamente tagliati su quasi tutta la sezione, con esclusione della piattabanda inferiore, a passo 88mm circa. La continuità delle piattabande tagliate viene poi ripristinata mediante coprigiunti collegati con adesivo (V. Figura 1-4). I criteri di modellazione utilizzati, per tener in conto della presenza dei tagli, sono stati messi a punto mediante modelli locali, secondo le medesime modalità già riportate in [AD3].

Il controllo attivo della posizione dei pannelli avviene mediante attuatori elettromeccanici connessi ai quattro vertici del pannello. Ogni attuatore aziona contemporaneamente i vertici dei 2/4 pannelli concorrenti al nodo di pertinenza dell'attuatore, movimentando una piastra cui sono collegati, mediante spezzoni, i vertici dei pannelli concorrenti al nodo. Si veda la Figura 1-5.

Gli spezzoni sono stati inseriti per disaccoppiare, almeno parzialmente, i pannelli in lega di alluminio dalle strutture in acciaio del paraboloide per ridurre l'impatto delle diverse deformazioni termiche e dall'azionamento degli attuatori di ciascun pannello che, operando ciascuno sulla normale locale al paraboloide, generano una stato di coazioni nel pannello.

Come meglio dettagliato nel seguito diverse varianti sono state analizzate al fine di ottimizzare il disegno del pannello e dei suoi supporti.

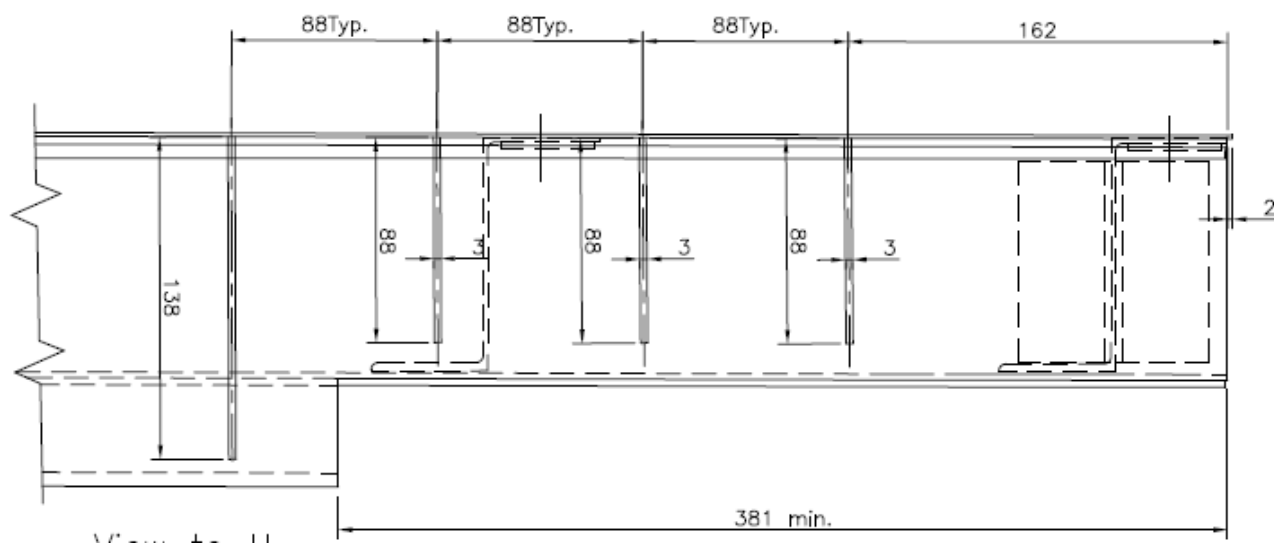
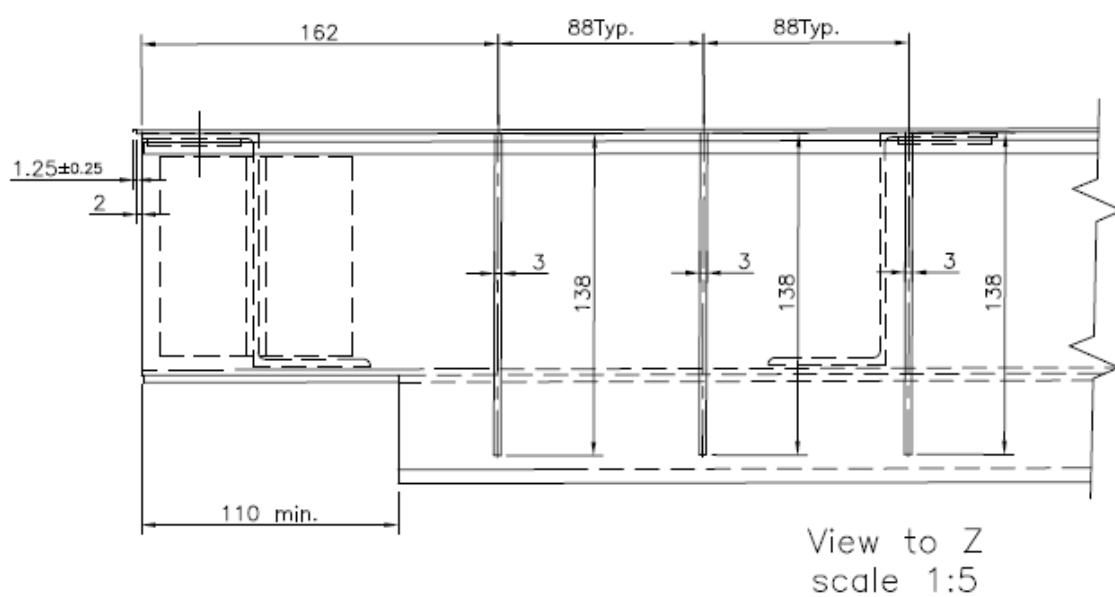


Figura 1-4—Estremità Z radiali e tagli dei profili di irrigidimento

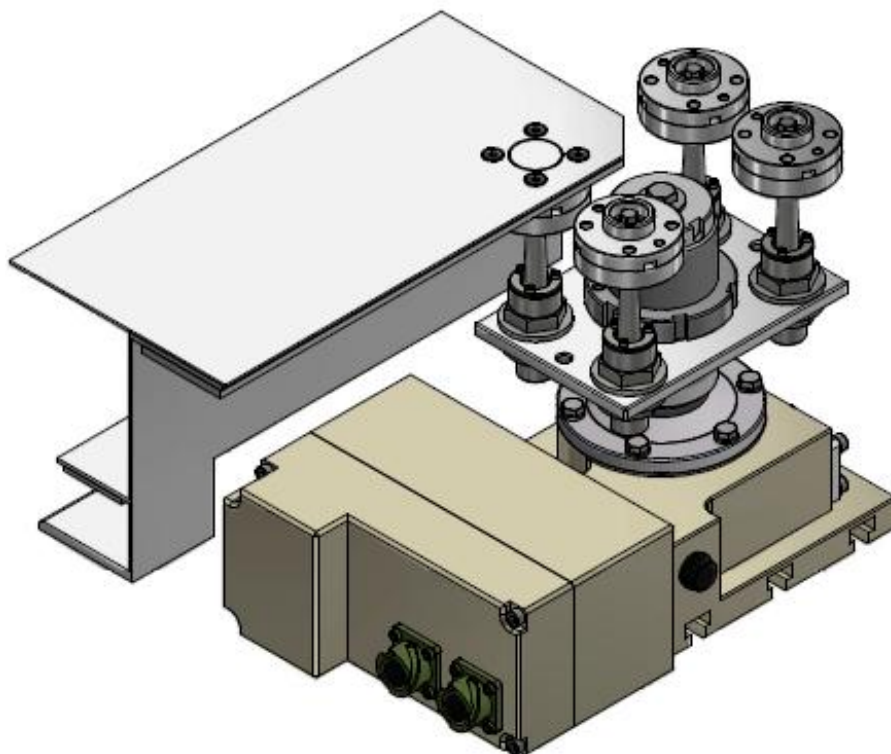


Figura 1-5—Dettaglio connessione tra pannello ed attuatori

2. DOCUMENTI di RIFERIMENTO

I dati utilizzati per le analisi di cui al presente documento sono stati desunti dai riferimenti citati nel seguito.

2.1. DOCUMENTI

| | |
|-----|---|
| AD1 | DM Infrastrutture 17 gennaio 2018 “Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni” |
| AD2 | Circolare 21 gennaio 2019 n°7/CSLLPP “Nuove Norme tecniche per le Costruzioni – Circolare Esplicativa” |
| AD3 | BCV progetti Srl – SRT Project - Technical Note #06 REFLECTOR PANELS – SRT_TN06 Rev.0 - |
| AD4 | EIA Standard – EIA-411-A “Electrical and mechanical characteristics of earth station antennas for satellite communications”. Sept. 1986 |

2.2. DISEGNI

| | | |
|------|----------------|--|
| TR1 | INAF-IRA | SAM-015-001_(G.V.) – Medicina 32mt Antenna –Primary Reflector Panels – General View – 2019-02-20 |
| TR2 | INAF-IRA | SAM-015-002_(A.P.) – Medicina 32mt Antenna –Primary Reflector Panels – Assembly Plant – 2019-02-20 |
| TR3 | INAF-IRA | SAM-015-003_(Zee) – Medicina 32mt Antenna –Primary Reflector Panels – Zee Profiles + Plates – 2019-02-20 |
| TR4 | INAF-IRA | SAM-015-011_(ROW6) – Medicina 32mt Antenna –Primary Reflector Panels – Panel Row 6 – 2019-02-20 |
| TR5 | SAE SpA Milano | Tavola 48 – Trusses Type A48 – 17/06/1981 |
| TR6 | SAE SpA Milano | Tavola 134 – Top Reflector Brackets – 25/08/1981 |
| TR7 | SAE SpA Milano | Tavola 144 – Reflector Bracing – 25/08/1981 |
| TR8 | INAF-IRA | Giro 6 lato esterno |
| TR9 | INAF-IRA | Tipica di tutti i giri esterni e interni escluso il giro 6 esterno |
| TR10 | INAF-IRA | Fusione di alluminio |

3. MATERIALI

Le caratteristiche meccaniche dei materiali, utilizzate nelle analisi numeriche, sono elencate nel seguito.

Pannello in lega di alluminio (pelle, profili di irrigidimento, coprigiunti): Al 6061 T6

- densità 2.7 t/m3
- modulo di Young 69 GPa
- modulo di Poisson 0.33
- Snervamento >240 MPa
- CTE $23.6 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$

Piastra superiore dell'attuatore (Lega Al 7075 T7351):

- densità 2.70 t/m3
- modulo di Young 70 GPa
- modulo di Poisson 0.33
- Snervamento 390 MPa
- CTE $23.6 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$

Piatti e profili della carpenteria del paraboloide acciaio da carpenteria:

- densità 7.85 t/m3
- modulo di Young 206 GPa
- modulo di Poisson 0.30
- CTE $12.0 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$

Spezzoni di collegamento dei pannelli inox UNS S31803 S32205 tipo SANMAC 2205 **da confermarsi** sulla base di test di lavorabilità meccanica da condursi presso IRA-INAF.

- densità 7.8 t/m3
- modulo di Young 200 GPa
- modulo di Poisson 0.30
- Snervamento 0.2% 450 MPa
- Rottura a trazione >660 MPa
- CTE $13 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$

Nelle analisi ad elementi finiti il comportamento del materiale è stato sempre assunto elastico lineare. Nel caso in cui i valori di sforzo, valutati sulla base delle analisi elastiche lineari qui condotte, superino i valori di snervamento del materiale si dovranno mettere in conto piccole plastiche permanenti. Come meglio dettagliato nel seguito nella soluzione finale a progetto le plasticizzazioni sono estremamente locali, in corrispondenza di singolarità geometriche, e di fatti ininfluenti.

Nonostante la modellazione faccia riferimento ad un ben preciso pannello, molte delle conclusioni delle analisi sono di carattere generale, applicabili anche agli altri pannelli dell'anello VI e dal punto di vista qualitativo anche degli altri anelli.



Come già evidenziato uno dei fini delle analisi è quello di valutare l'influenza della deformabilità delle piastre di nodo delle strutture in carpenteria metallica del paraboloide sulla configurazione deformata del pannello. Alcune di queste piastre infatti appaiono molto deformabili, ci riferiamo alle piastre di nodo delle false centine la cui deformabilità, sotto l'effetto della componente laterale della gravità genera dei tilt rigidi del pannello.

Per valutare tale fenomeno si è deciso di esaminare tre diverse tipologie di modelli ad elementi finiti del pannello, che nel seguito identificheremo con geometria 0, geometria 1 e geometria 2 (o con le sigle corrispondenti **geo0 geo1 geo2**).

4.1. Modello geo0

Il modello geo0 è relativo al solo pannello in lega di alluminio (V. Figura 4-9). In tale modello il pannello è vincolato a terra, mediante cerniere sferiche, in corrispondenza dei quattro snodi posti all'estremo superiore dei spezzoni in acciaio inox, così come evidenziato in Figura 4-10.



Figura 4-9–geometria 0 - Viste del modello del pannello

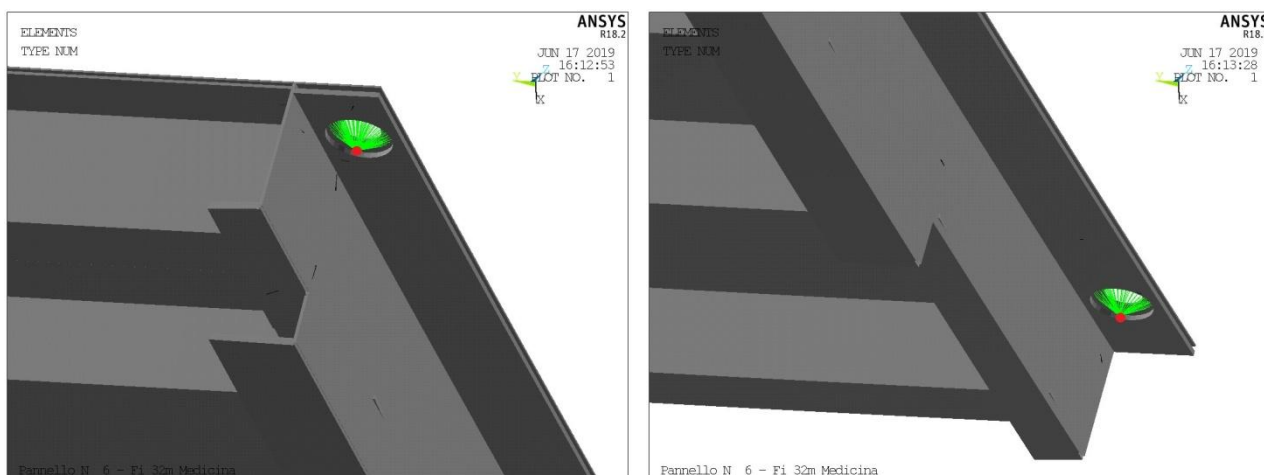


Figura 4-10–geometria 0 – Dettaglio del collegamento a terra sui vertici V1 (SX) e V2 (DX) del pannelli

4.2. Modello geo1

Il modello geo1 è stato ottenuto aggiungendo al modello geo0 gli spezzoni di collegamento e le piastre azionate dagli attuatori (si veda Figura 4-11). L'attuatore è stato considerato come un corpo rigido.

Si noti che sono presenti anche gli spezzoni dei pannelli adiacenti. Su tali spezzoni, a seconda delle analisi, sono stati applicati i carichi che si stimano generati dai pannelli adiacenti non modellati.

In tale modello i vincoli rigidi a terra sono stati posizionati sul punto posto in asse all'attuatore al centro della piastra. Si veda la Figura 4-12. Si sottolinea che la rappresentazione degli spezzoni a sezione quadrata è semplicemente una convenzione del programma, le caratteristiche statiche utilizzate nelle analisi fanno riferimento alla sezione circolare rastremata prevista a progetto.

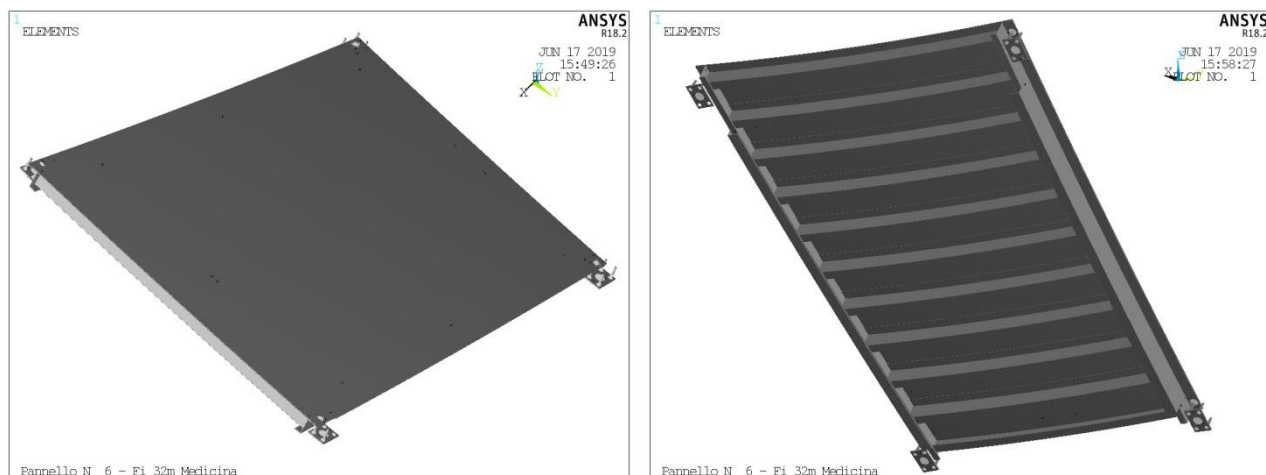


Figura 4-11–geometria 1 – Viste del modello del pannello

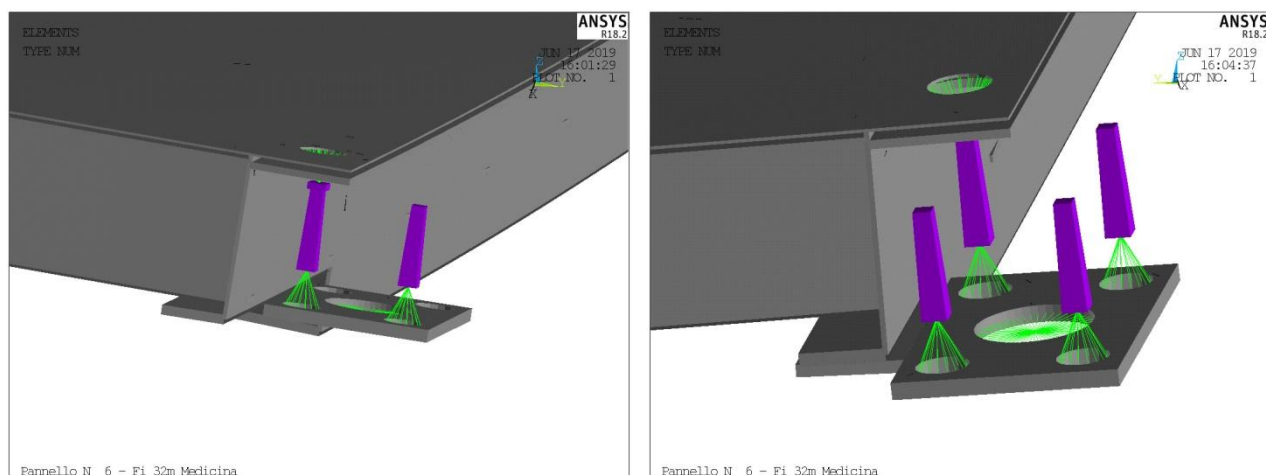


Figura 4-12–geometria 0 – Dettaglio delle piastre attuatori sui vertici V3 (SX) e V1 (DX) del pannelli

4.3. Modello geo2

Il modello geo2 è stato ottenuto aggiungendo al modello geo1 le piastre ed i piatti di nodo della carpenteria metalliche del paraboloide.

In pratica il modello è stato implementato fino ai punti schema dei nodi del modello globale del paraboloide da noi realizzato a suo tempo. In tali punti schema sono stati posizionati i vincoli rigidi a terra.

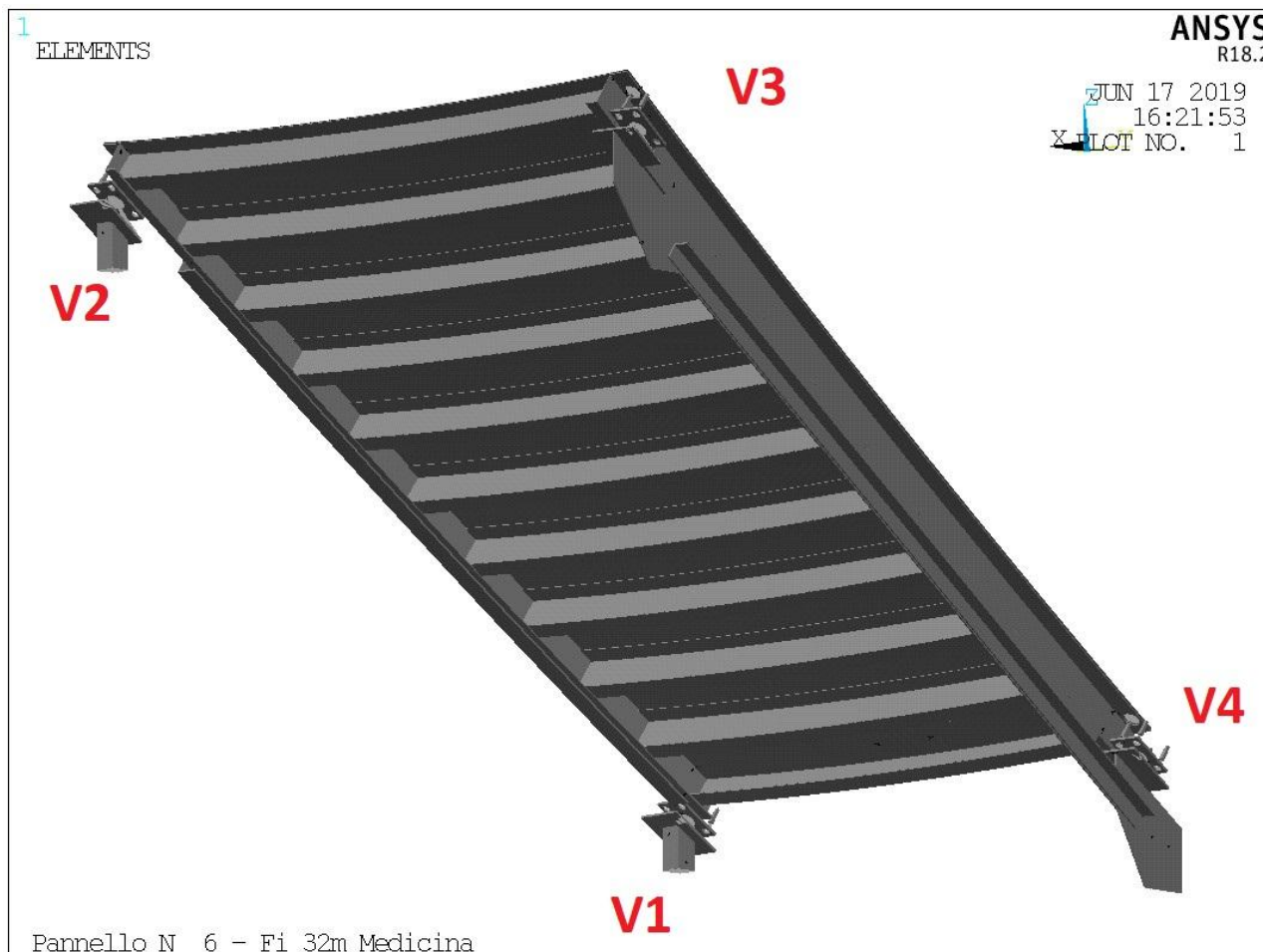


Figura 4-13—geometria 2 – Vista d'assieme del modello del pannello

In corrispondenza dei vertici V1 e V2 il pannello è connesso alla centina A48 mediante spezzoni di tubo molto corti, e quindi di elevata rigidezza. In corrispondenza dei vertici V3 e V4 invece il pannello è connesso ad una falsa centina mediante piatti di nodo (spessore 6mm), con elevata deformabilità fuori piano e possibilità di rotazione (soprattutto attorno ad un asse radiale) della piastra posta sotto gli attuatori.

Sul lato V3-V4 è stato modellato anche il corrente della falsa centina, costituito da due angolari disposti schiena contro schiena, per cogliere in modo più fedele la deformata fuori piano dei piatti di nodo (V. Figura 4-13).

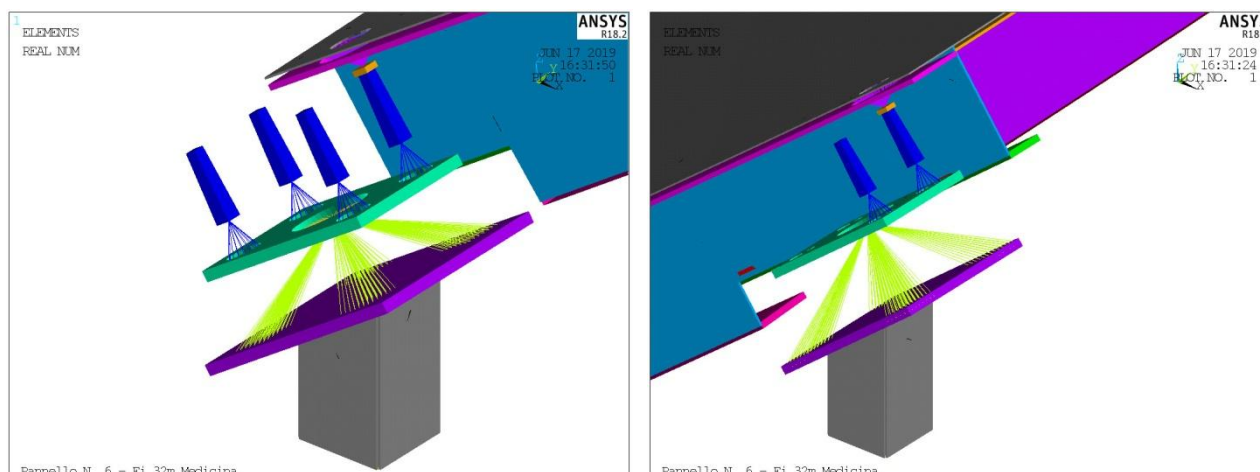


Figura 4-14—geometria 2 – Dettaglio della modellazione al vertice V1 (SX) ed al vertice V2 (DX)

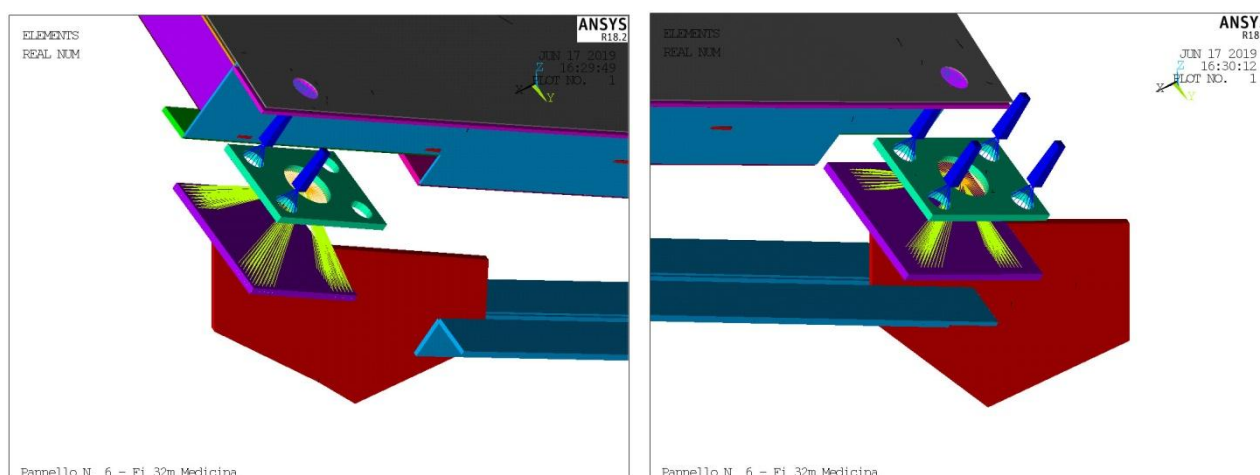


Figura 4-15—geometria 2 – Dettaglio della modellazione al vertice V3 (SX) ed al vertice V4 (DX)

In tutti e tre i modelli il profilo della superficie ottica coincide con la quota nominale nelle 13 posizioni radiali poste agli estremi del pannello ed in corrispondenza delle anime delle Z tangenti. Tra una coppia qualsiasi di questi 14 punti il profilo del paraboloide viene interpolato mediante splines, a partire dal profilo del pannello e delle tangenti al pannello ai due estremi di ciascun tratto di spline.

Il modello ad elementi finiti è stato realizzato utilizzando le seguenti tipologie usuali di elementi finiti.

- Tipo beam per gli spezzoni in INOX.
- Tipo shell per tutte le altre parti strutturali.
- Masse concentrate.
- Vincoli cinematici per le parti rigide.

Il numero di nodi ed elementi utilizzati in ciascun modello è riportato nella seguente tabella.

| | geo0_a | geo1_a | geo2_a |
|----------|--------|--------|--------|
| NODI | 84000 | 88000 | 113000 |
| ELEMENTI | 82000 | 86000 | 110000 |

Tabella 1 – Numero di nodi e di elementi utilizzati nelle tre modellazioni

4.4. Varianti analizzate

Nel corso delle attività di ottimizzazione del disegno dei pannelli le tre configurazioni base geo0 / geo1 / geo2 sopra descritte sono state analizzate in diverse varianti, via via suggerite dai risultati ottenuti.

Ciascuna variante è identificata mediante una sigla dal formato geo*i*.*x*. Ove “i” pari rispettivamente ad 0/1/2 identifica la configurazione base, così come precedentemente descritto, mentre “x” pari rispettivamente a a/b/c/d/e/f/g identifica le variazioni geometriche o di modellazione apportate secondo quanto descritto nel seguito.

Segnaliamo infine che di ciascuna delle quattro varianti b / c / d / f / g è stata realizzata una versione modificata, indicata rispettivamente dalle stesse lettere maiuscole (B / C / D / F / G).

In queste versioni è stato modificato l'ancoraggio della piastra degli spezzoni al corpo cilindrico dell'attuatore. Normalmente (varianti a / b / c / d / e / f / g) la piastra è fissata al corpo dell'attuatore (considerato quale elemento rigido) sul diametro Ø55mm. Nelle varianti B / C / D / F / G oltre al collegamento sul diametro 55mm è stato aggiunto l'appoggio monolatero su Ø68mm fornito dalla ghiera filettata sull'attuatore posta sull'estradosso della piastra. (V. Figura 4-19). L'introduzione di tale elemento consente una modellazione il più fedele possibile della deformata della piastra che regge gli spezzoni.

Segnaliamo tuttavia che la modellazione dell'appoggio monolatero fornito dalla ghiera rende il problema non lineare. Per cui tale modellazione non può essere adottata quando le analisi prevedono la combinazione lineare di diverse condizioni di carico elementare per ottenere la deformata desiderata. È il caso dello studio degli effetti della gravità (pannelli Nord-Sud-Est-Ovest e del vento).

La modellazione è stata applicata invece quando si analizza una unica condizione di carico, come ad esempio nel caso dello studio degli effetti di una variazione termica uniforme. Comunque, come meglio dettagliato nel seguito, il contributo di vincolo offerto dalla ghiera è sostanzialmente trascurabile.

4.4.1. Configurazioni geo0_a geo1_a geo2_A

Si tratta del progetto originario del pannello, così come rappresentato nei documenti di riferimento da TR1 a TR7 (V. § 2.2)

4.4.2. Configurazioni geo0_b geo1_b geo2_b geo2_B

Le variazioni apportate al progetto/modello originario nelle varianti tipo “b” sono riassunte in Tabella 2.

| ELEMENTO | Valore a progetto (tipo “a”) | Valore in variante tipo “b” “B” |
|---|------------------------------|---------------------------------|
| Spessore piastre di ancoraggio degli spezzoni | 8mm | 12mm |
| Diametro elemento rigido alla base degli spezzoni | 25mm | 30mm |

Tabella 2 – Differenze tra le varianti tipo “a” e tipo “b”

4.4.3. Configurazioni geo0_c geo1_c geo2_c geo2_C

Le variazioni apportate al progetto/modello originario nelle varianti tipo “c” sono riassunte in Tabella 2.

| ELEMENTO | Valore a progetto (tipo “a”) | Valore in variante tipo “c” “C” |
|---|------------------------------|---------------------------------|
| Spessore piastre di ancoraggio degli spezzoni | 8mm | 12mm |
| Diametro elemento rigido alla base degli spezzoni | 25mm | 30mm |
| Diametro spezzoni | Variabile tra 11.9 / 8.5mm | Variabile tra 14 / 8.5mm |

Tabella 3 – Differenze tra le varianti tipo “a” e tipo “c”

4.4.4. Configurazioni geo0_d geo1_d geo2_d geo2_D

La variante tipo “d” / “D” è stata ottenuta a partire dalla variante tipo “b” / “B” aggiungendo delle costole di irrigidimento della pelle del pannello ai quattro vertici, in prossimità dell’attacco degli spezzoni. La geometria e la posizione delle costole di irrigidimento è stata desunta dai documenti di riferimento TR9 / TR9 / TR10.

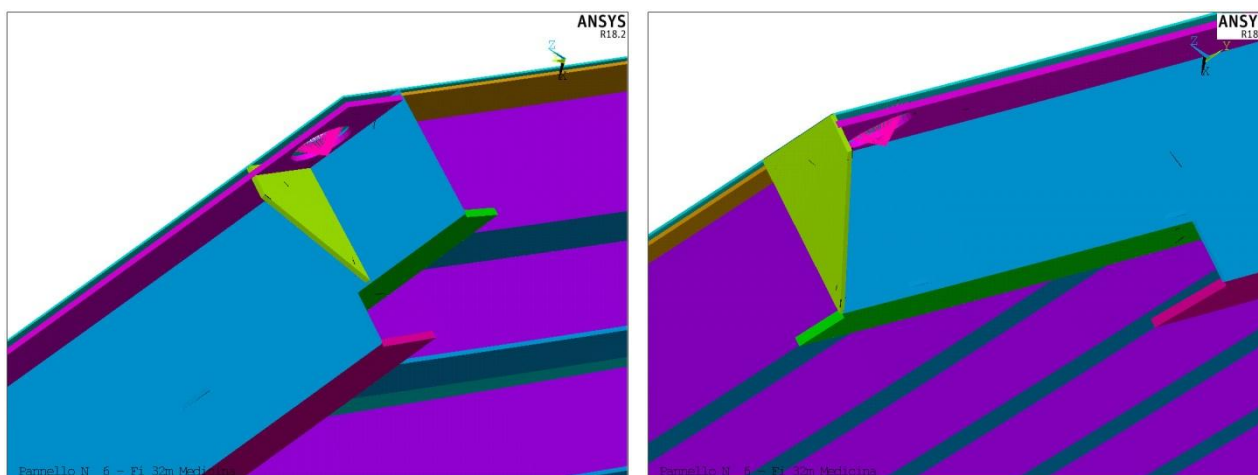


Figura 4-16 geo0_d - Costole di irrigidimento della variante tipo “d” ad un vertice interno (SX) ed esterno (DX)

4.4.5. Configurazioni geo1_e geo2_e geo2_E

La variante tipo “e” è stata ottenuta a partire dalla variante tipo “d” modificando i diametri degli spezzoni:

- sezione inferiore Ø14mm
- sezione superiore Ø11mm.

Si veda a tal proposito la Figura 4-17.

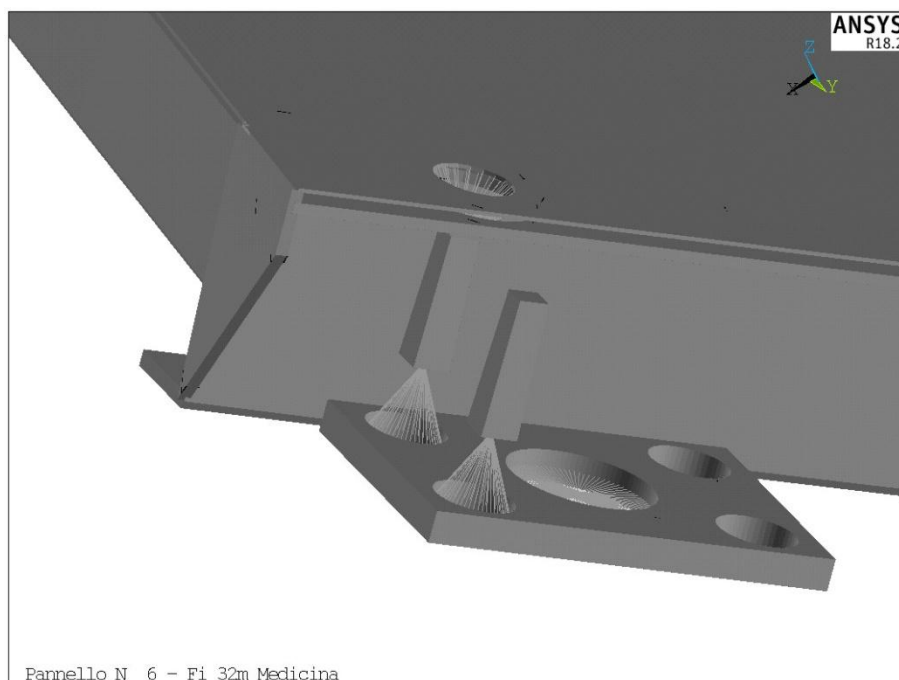


Figura 4-17 geo0_e – Dettaglio degli spezzoni su attuatori esterni

4.4.6. Configurazioni geo0_f geo1_f geo2_f g geo2_F

La variante tipo “f” / “F” è stata ottenuta a partire dalla variante tipo “e” posizionando gli spezzoni più esterni del pannello sui fori più interni della piastra attuatore corrispondente. Si veda a tal fine il confronto tra Figura 4-17 e Figura 4-18, ripristinando quindi il posizionamento degli spezzoni esterni adottato per tutti i ring interni di pannelli.

In tal modo si ottengono due vantaggi:

- Si riduce l'entità della componente di rotazione rigida associata alle deformate indotte da una variazione di temperatura uniforme (V. § 6.3).
- Si diminuisce di 110 mm (4%) la luce libera tra gli appoggi (spezzoni) in direzione radiale. Ciò comporta una minore deformata indotta dalla gravità normale al piano secante del pannello (ma anche la deformata indotta dalla pressione del vento). Anche il piccolo sbalzo contribuisce a tale effetto.

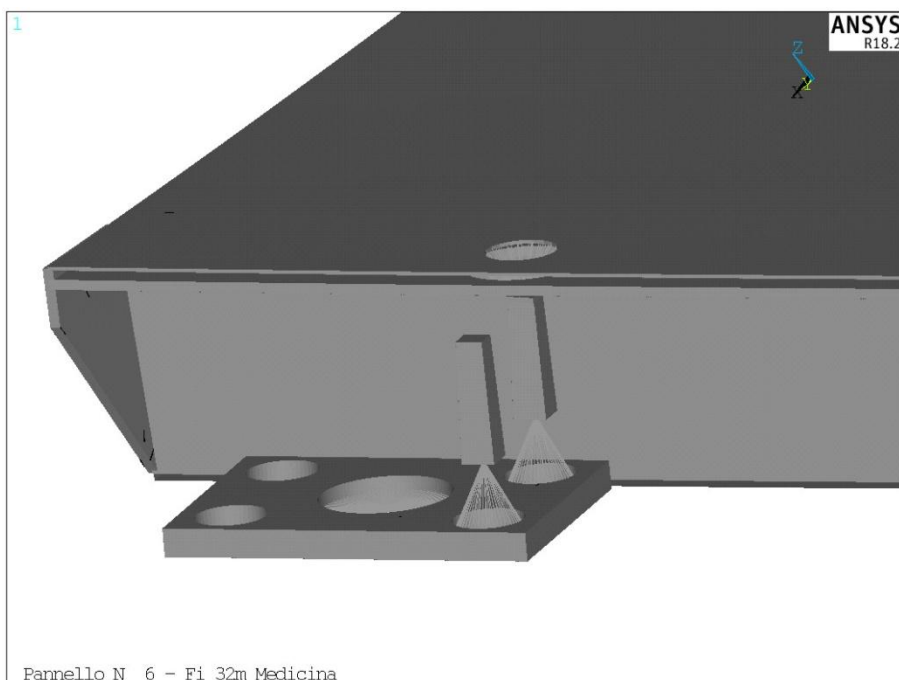


Figura 4-18 geo0_f – Dettaglio degli spezzoni su attuatori esterni

4.4.7. Configurazioni geo1_g geo2_g geo2_G

La variante tipo “g” / “G” è stata ottenuta a partire dalla variante tipo “f” / “F” modificando solamente la geometria degli spezzoni che nella variante “g” / “G” hanno diametro variabile linearmente tra ø14mm (estremo inferiore) e ø8.5mm (estremo superiore).

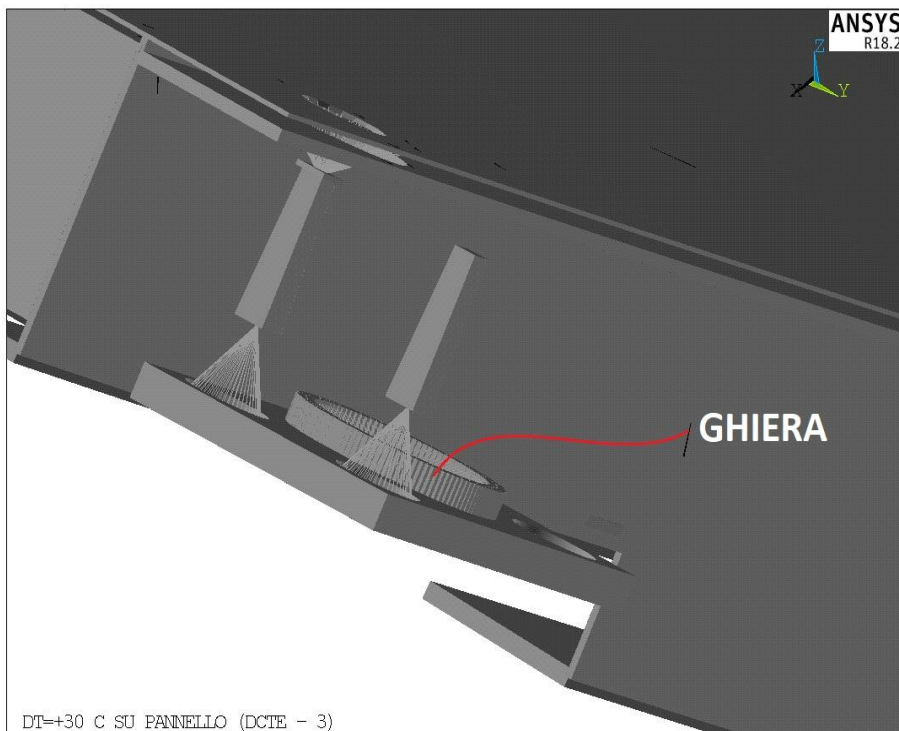


Figura 4-19 geo1_B – Elementi rappresentativi dell'appoggio monolatero della ghiera di fissaggio del corpo dell'attuatore alla piastra degli spezzoni.

4.5. Sistemi di riferimento

Parecchi sistemi di riferimento sono stati definiti ed utilizzati per facilitare le attività di modellazione.

Ne citiamo solo due particolarmente significativi:

Il sistema n° 0 rappresenta il sistema cartesiano destrorso globale che supporta la definizione di tutti gli altri sistemi di riferimento. Esso ha:

- Origine al vertice del paraboloide che rappresenta la “superficie ottica” del primario.
- Asse X in direzione radiale in mezzzeria al pannello modellato (V. Figura 4-20 a sinistra).
- Asse Z coincidente con l'asse del paraboloide.
- Asse Y a completare la terna cartesiana destrorsa.

Il sistema n° 35 (V. Figura 4-20) è un sistema cartesiano destrorso in cui:

- il piano X-Y coincide con il piano secante passante per i quattro vertici della superficie ottica del pannello.
- L'origine è nel punto medio del segmento V1-V4.
- Asse X in direzione “radiale”.
- Asse Y parallelo alle due basi del trapezio che costituisce la proiezione del pannello sul piano secante.
- L'asse Z, normale a tale piano secante.

Le figure relative alle componenti degli spostamenti dei modi del pannello sulla superficie ottica, vengono realizzate nel sistema di riferimento n°35.

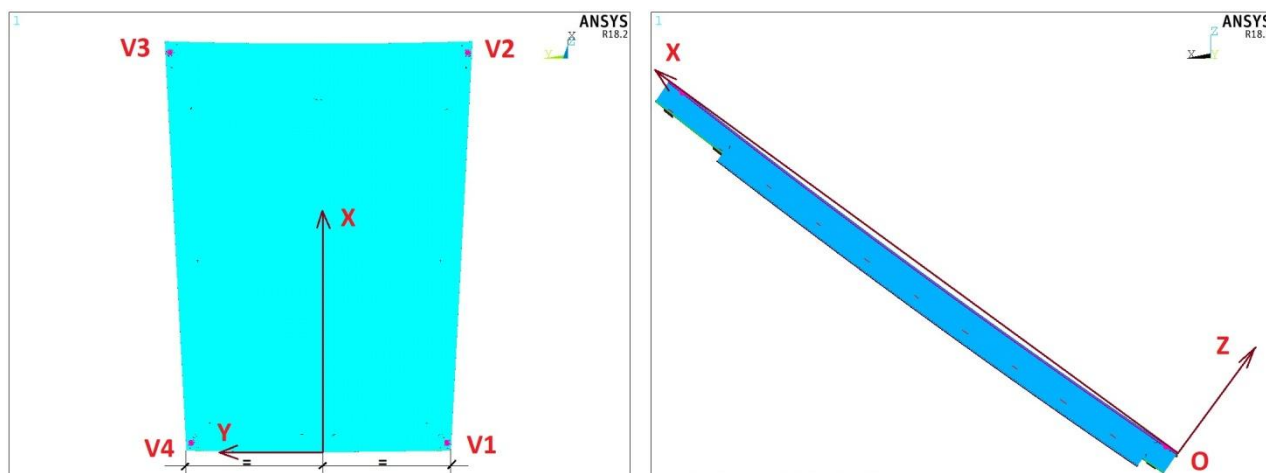


Figura 4-20– Definizione del sistema di riferimento cartesiano n° 35.

4.6. Unità di misura

Le analisi sono state eseguite nelle seguenti unità di misura:

- lunghezze: metri
- masse: tonnellate
- forze: kN
- rotazioni: radianti
- temperature: gradi centigradi

Ne deriva che, salvo ove diversamente indicato, i risultati e le figure relative a deformate o stati di sforzo sono espressi in:

- spostamenti: metri
- rotazioni: radianti
- forze: kN
- momenti: kNm
- sforzi: kPa

4.7. Parametri globali per caratterizzare la deformata del pannello

Quando ritenuto significativo nelle pagine seguenti si riporteranno alcune informazioni rappresentative della deformata della superficie ottica del pannello. Si tratta di:

- Curve di livello, quotate in metri, di V_z ossia la componente di spostamento lungo la direzione Z del sistema di riferimento n°35 precedentemente definito.
- Valor minimo di $V_z = V_{z,min}$
- Valore massimo di $V_z = V_{z,max}$
- Picco valle di $V_z = V_{z,max} - V_{z,min}$
- RMS1 = deviazione standard,
- RMS2 = RMS

$$RMS1 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (V_{zi} - V)^2 \times A_i}{\sum A_i}}$$

$$RMS2 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (V_{zi})^2 \times A_i}{\sum A_i}}$$

Dove:

V_{zi} = Spostamento in direzione Z (sistema n°35) del nodo i-esimo

A_i = Area di influenza del nodo i-esimo

V = Media pesata degli spostamenti in direzione Z

NB I valori di Deviazione Standard e RMS riportati nel presente report sono stati valutati sulla base degli spostamenti nodali del modello ad elementi finiti in direzione normale al piano secante del pannello assimilabile alla quantità Un di Figura 4-21 desunta da [AD4]. La variazione del percorso ottico $d1+d2$ è pari a 2 volte $e0 = 2 Un \cos \alpha$. Pertanto per calcolare Deviazione Standard ed RMS della variazione del fronte d'onda generato dalle deformate elastiche i valori del presente report vanno moltiplicati per $2 \cos \alpha$ essendo α l'angolo tra il pannello e l'asse ottico.

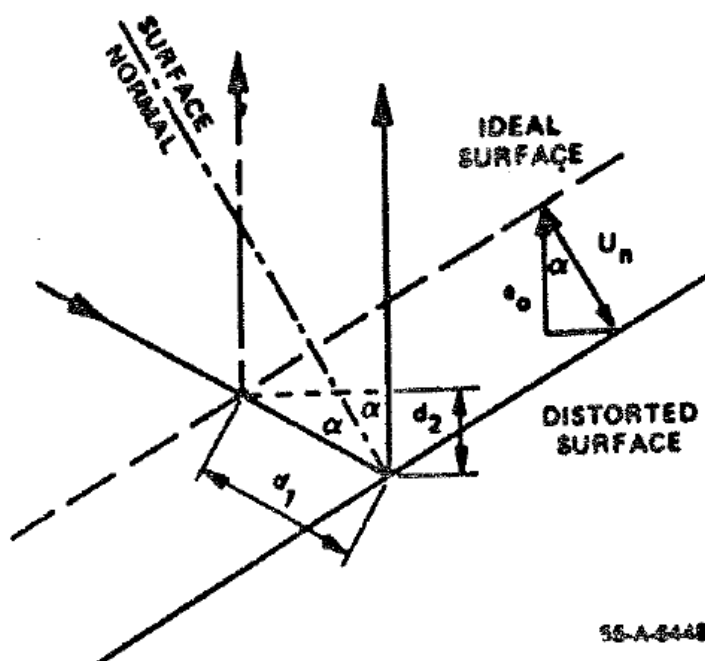


Figura 4-21– calcolo della variazione del percorso ottico a seguito di una deformata della superficie.

4.8. Sollecitazioni e sforzi

Laddove ritenuto maggiormente significativo, ossia per i carichi più gravosi, si fornirà lo stato di sollecitazione calcolato mediante modellazione numerica.

Tali valutazioni saranno effettuate nelle membrature in lega di alluminio del pannello e relativi elementi di connessione al connettore (spezzoni e piastra di ancoraggio degli spezzoni).

Non si procederà invece ad alcuna verifica dello stato di sollecitazione dei seguenti componenti:

- adesivo nel pannello;
- attuatore, considerato come corpo rigido nelle ns. analisi;
- piatti di nodo ed elementi strutturali del paraboloide che, qualora presenti, sono modellati solo per avere una valutazione più fedele della rigidità del vincolo del pannello. Si tratta infatti di elementi del progetto originario del radiotelescopio che non costituiscono oggetto delle presenti analisi.

5. CARICHI

5.1. Gravità

Le deformate del pannello e lo stato di sollecitazione per effetto della gravità sarà analizzato in funzione dell'orientamento mutuo tra il pannello e la direzione della gravità. In particolare si analizzeranno le seguenti situazioni:

- gravità normale al piano passante per i quattro vertici del pannello, ossia diretta secondo l'asse Z del sistema di riferimento n°35 (V § 4.5).
- Pannelli del VI anello in posizione Nord / Sud / Est-Ovest (V.Figura 5-22) alle elevazioni 0°/15°/30°/45°/60°/75°/90°. Ove con elevazione 0° e 90° si intendono rispettivamente puntamento del paraboloide all'orizzonte (0°) ed allo zenith (90°).

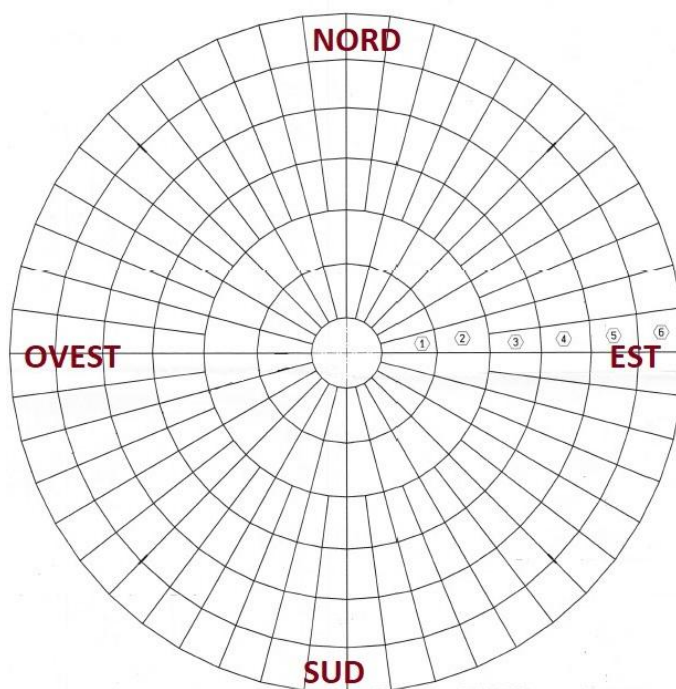


Figura 5-22– Posizioni Pannelli Analizzati

Nei modelli utilizzati oltre alle densità delle parti direttamente modellate sono state aggiunte alcune masse concentrate per tener in conto delle parti non modellate. Tipicamente, nelle geometrie geo1 e geo2 in testa agli spezzoni dei pannelli adiacenti sono state aggiunte le masse dei pannelli non modellati.

In tal caso le masse dei pannelli sono state distribuite tra gli spezzoni secondo criteri geometrici, proporzionalmente alle aree di competenza, indipendentemente dall'angolo di elevazione e della geometria del modello. Si deve tuttavia segnalare che nei pannelli Est Ovest con geometria geo2 la presenza di una componente laterale della gravità altera significativamente tale distribuzione dei carichi trasmessi dai pannelli, a seguito della deformabilità delle piastre di nodo della falsa centina.

| Geometria | Peso [kN] |
|-----------|-----------|
| geo1_a | 0.739 |
| geo2_a | 2.137 |
| geo3_a | 2.723 |

Tabella 4 – Peso totale dei tre modelli nella configurazione originaria di progetto

In Tabella 4 sono riportati i pesi dei tre modelli utilizzati per la configurazione originaria di progetto. In Tabella 5 sono riportate le masse concentrate applicate in corrispondenza di parti non modellate.

| Elemento | Massa [kg] |
|---------------------------------|------------|
| Pannelli ring 6 vertici esterni | 19.27 |
| Pannelli ring 6 vertici interni | 18.59 |
| Pannelli ring 5 vertici esterni | 15.52 |
| Estremo superiore spezzoni | 0.275 |
| Estremo inferiore spezzoni | 0.320 |
| Attuatori | 6.82 |

Tabella 5 – Masse concentrate

5.2. Carichi termici

La struttura del radiotelescopio è realizzata in acciaio da carpenteria mentre i pannelli sono realizzati in lega di alluminio.

In presenza di variazioni termiche rispetto alla temperatura media di montaggio, l'utilizzo di materiali aventi diversi valori di espansione termica lineare genera uno stato deformativo e tensionale, che può essere solo parzialmente mitigato dalla deformabilità flessionale degli spezzoni di collegamento, stante la loro limitata lunghezza, dettata dalle geometrie disponibili.

Una variazione di temperatura uniforme $\Delta T = +30^{\circ}\text{C}$ è stata applicata alle strutture modellate, per valutare tali fenomeni. Nell'ipotesi di linearità del comportamento strutturale i risultati possono essere linearmente scalati per altri valori di ΔT (compreso una variazione di segno di ΔT).

5.3. Corsa degli Attuatori

Ciascun attuatore ha una corsa pari a $\pm 6.5\text{mm}$ in direzione normale alla superficie ottica.

Quindi la direzione di traslazione è diversa nei quattro vertici del pannello e pertanto al variare della corsa oltre ad una roto-traslazione rigida, il pannello subisce anche delle distorsioni elastiche e conseguenti stati di sollecitazione.

Lo stato deformativo e di sollecitazione del pannello è stato analizzato per 4 diverse combinazioni estreme della corsa degli attuatori ai quattro vertici.

Le analisi sono state condotte assumendo che in corrispondenza di una corsa nulla sui quattro vertici il pannello non abbia alcuna distorsione/sforzo associato a questa tipologia di carico.

5.4. Carichi Locali

Si vogliono indagare gli effetti, in termini di sforzi, generati da un uomo che cammini sul pannello per le necessarie attività ispettive e di manutenzione.

A tal fine un carico pari a 1kN è stato distribuito su una impronta di carico di dimensioni pari a circa 150x150mm.

Tale impronta di carico è stata posizionata in diversi punti del pannello, come meglio dettagliato nel seguito.

Il carico agisce in direzione verticale (asse Z del sistema di riferimento 0 V. §4.5) con il pannello in posizione corrispondente ad un puntamento allo zenit del paraboloide. Pertanto sull'impronta di carico agisce sia una componente normale al pannello che una componente tangente, in modo tale che la loro risultante sia verticale, parallela alla gravità.

Le condizioni di carico analizzate sono riportate in Figura 5-23 Figura 5-24 e Figura 5-25.

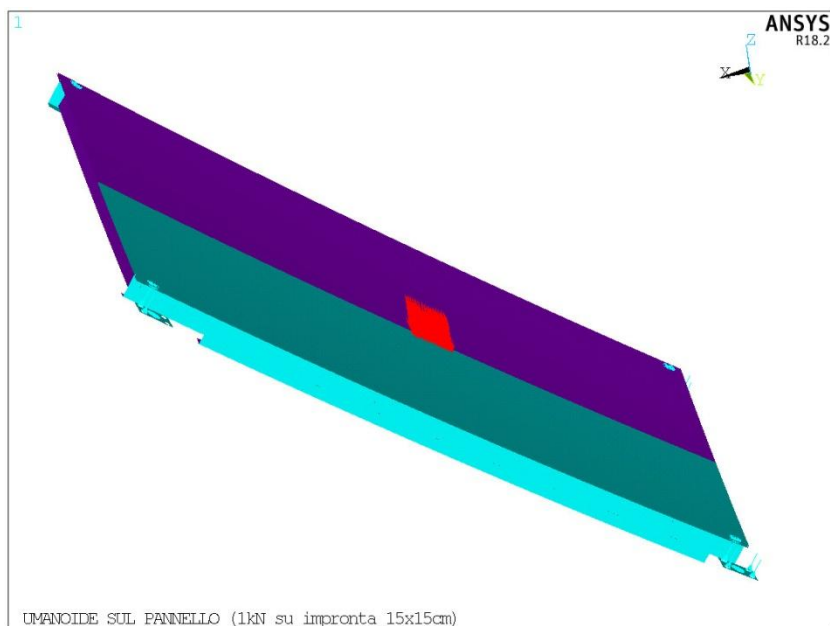


Figura 5-23– Condizione di carico L1 – l'impronta di carico è posizionata circa al centro del pannello tra due Z tangenti

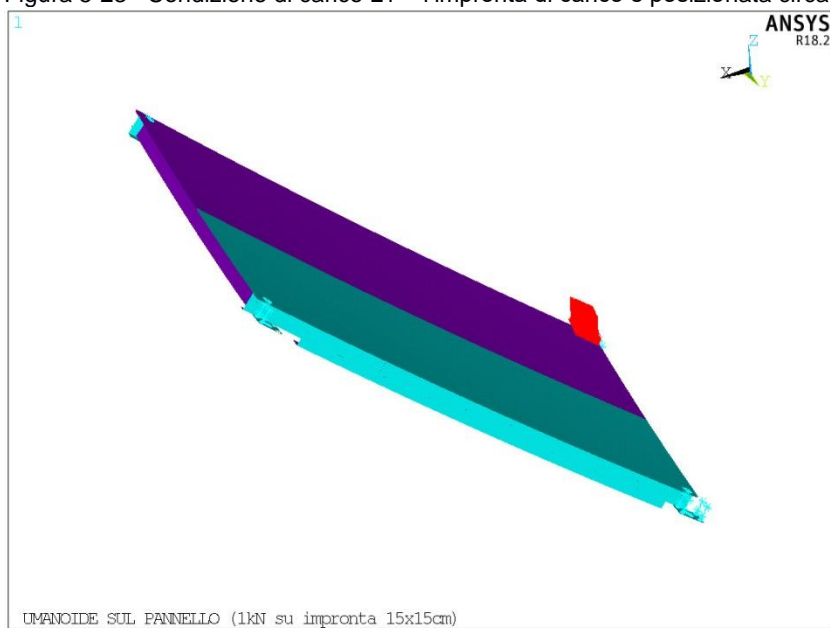


Figura 5-24– Condizione di carico L2 – l'impronta di carico è posizionata in corrispondenza di uno spigolo del pannello

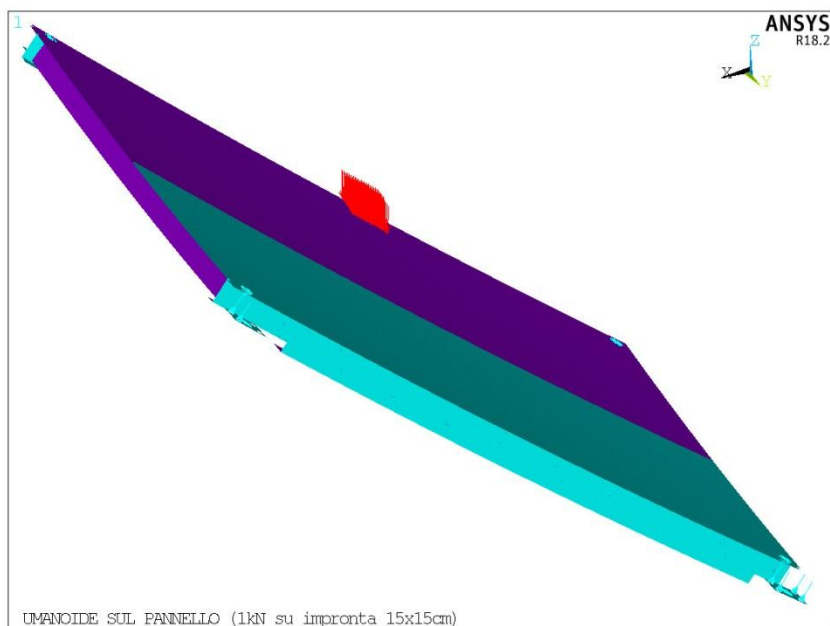


Figura 5-25– Condizione di carico L3 – l'impronta di carico è posizionata a metà di una Z radiale di bordo

5.5. Vento

Per la zona geografica in cui è posto il radiotelescopio in accordo con [AD1] e [AD2] si ha:

Zona 2 (Emilia Romagna)

$v_{b,0} = 25 \text{ m/s}$ - velocità base di riferimento al livello del mare

$c_a = 1$ - coefficiente di altitudine (essendo l'altitudine sul livello del mare $= 25 \text{ m} < 700 \text{ m}$)

$v_b = 1 \times 25 = 25 \text{ m/s}$ – velocità base di riferimento

$T_r = 50 \text{ anni}$ - periodo di ritorno di progetto

$c_r = 1$ – coefficiente di ritorno

$v_r = 1 \times 25 = 25 \text{ m/s}$ – velocità di riferimento

$\rho = 1.25 \text{ kg/m}^3$ = densità dell'aria

$q_r = 0.5 \times 1.25 \times 25^2 = 390.6 \text{ N/m}^2$ – pressione cinetica di riferimento

$z = 28 \text{ m}$ altezza sul suolo per puntamento allo zenit

$z = 34 \text{ m}$ altezza sul suolo per puntamento all'orizzonte

Classe di rugosità del terreno = D (aperta campagna, aree agricole)

Categoria di esposizione = II

$Z_0 = 0.05 \text{ m}$

$K_r = 0.19$

$C_t = 1.0$ – coefficiente di topografia

$C_e = 3.18$ – coefficiente di esposizione

$C_d = 1$ – coefficiente dinamico

$p_w = c_p \times 3.18 \times 1 \times 390.6 = c_p \times 1242 \text{ N/m}^2$ – pressione del vento ove c_p è il coefficiente di pressione che dipende dalla geometria e dall'orientamento del pannello rispetto al vento.

Dalle valutazioni sopra riportate risulta che il valore “p” di pressione del vento determinato secondo la normativa vigente è minore dei carichi di sopravvivenza del progetto originario. Pertanto le analisi saranno eseguite con riferimento ai valori di carico da vento del progetto originario pari a:

- vento di esercizio $p_{we} = c_p \times 308.6 \text{ N/m}^2$: In esercizio il paraboloide, e quindi il pannello, può avere un orientamento qualsiasi rispetto alla direzione del vento. In particolare si considerano le due configurazioni di vento frontale e vento laterale riportate in Figura 5-26.
- vento di sopravvivenza $p_{ws} = c_p \times 1929 \text{ N/m}^2$: In condizioni di sopravvivenza il paraboloide è in condizioni di STOW, ossia punta allo zenit, pertanto le condizioni di sopravvivenza vengono analizzate per la sola condizione di vento laterale.

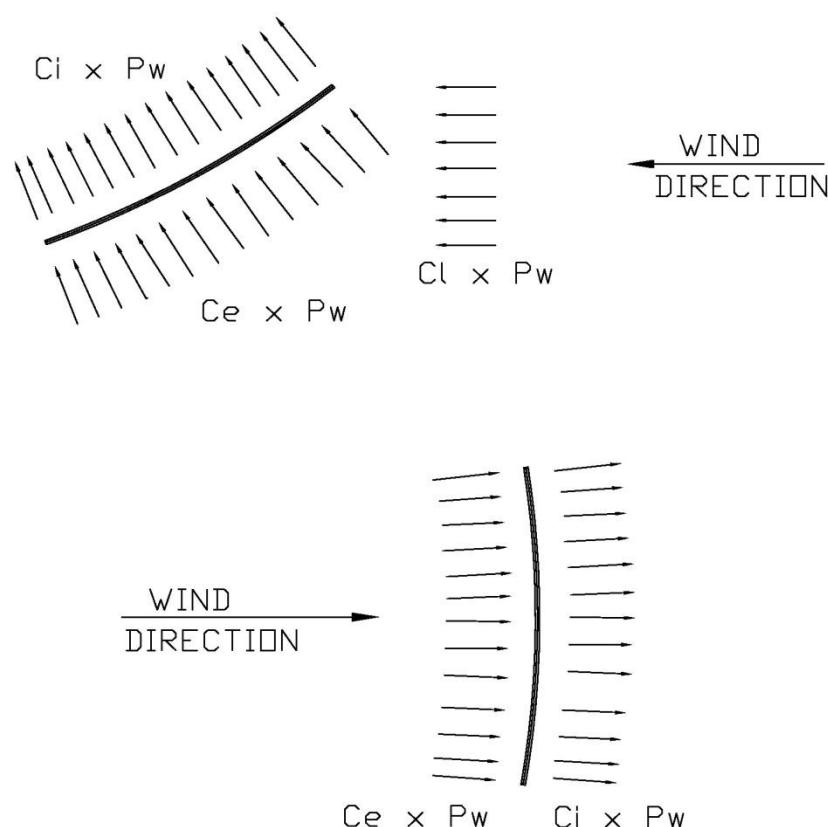


Figura 5-26– Schema di carico relativo alle pressioni per vento laterale (sopra) e frontale (sotto)

In figura 5-26 sono riportati gli schemi di carico utilizzati nel caso di vento laterale e vento frontale. Si fa notare che nel caso di vento laterale si deve mettere in conto la forza di “drag” generata da vento che investe tutte i “ribs” di irrigidimento, costituiti dalle Z tangenti. Si tratta di una configurazione geometrica che, a quanto ci risulta, non è disponibile in letteratura e pertanto la determinazione di tali carichi richiederebbe l’esecuzione di prove nella galleria del vento e/o modellazioni CFD che permetterebbero di valutare sia i carichi sui “ribs” che l’effetto di schermo dei “ribs” rispetto alla pelle del pannello.

Allo stato attuale, non essendo ipotizzabili attività di questo tipo, si è assunto in modo ingegneristico e convenzionale di mettere in conto tali carichi valutando una “drag force” **aggiuntiva** valutata su una superficie pari alla proiezione dell’area del pannello su un piano verticale perpendicolare alla direzione del vento.

In analogia con quanto fatto a suo tempo in [AD3] anche nelle analisi di cui al presente report sono stati utilizzati i seguenti valori del coefficiente di pressione (coefficienti C_e , C_i , C_l in Figura 5-26):

Puntamento allo zenit – Vento laterale:

- $C_i = 0.4$ (depressione sulla faccia sottovento)
- $C_e = 0.7$ (pressione su faccia investita dal vento)
- $C_l = 1.4$ drag force (ribs)

Vento frontale:

- $C_i + C_e = 1.22 + 0.88 = 2.1$

Sono state analizzate tre condizioni di carico sul pannello e precisamente:

- W1 = Vento di sopravvivenza in direzione laterale
- W2 = Vento di esercizio in direzione frontale
- W3 = Vento di esercizio in direzione laterale

In condizioni di esercizio si verifica la deformata della superficie ottica, mentre in condizioni di sopravvivenza si verifica lo stato di sforzo nel pannello, negli spezzoni e nelle piastre di ancoraggio.

Le risultanti dei carichi applicati al pannello nelle tre condizioni di carico sopra descritte sono riportate in Tabella 6.

| Condizione di carico | Risultante X [kN] | Risultante Y [kN] | Risultante Z [kN] |
|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| W1 | -7.0 | 0. | 16.6 |
| W2 | 0. | 0. | -3.51 |
| W3 | -1.12 | 0. | 2.65 |

Tabella 6 – Risultanti dei carichi da vento nel sistema di riferimento definito dal piano secante al pannello

5.6. Neve

Il carico da neve viene calcolato con il paraboloide in posizione di STOW, ne deriva che il pannello è inclinato sull'orizzontale di circa 35°.

In accordo con [AD1] e [AD2] nella zona geografica del comune di Medicina (Zona I – Mediterranea), per un periodo di ritorno di 50anni abbiamo:

- Quota slm = 25m
- $q_{SK} = 1.5 \text{ kN/m}^2$ (valore di riferimento della neve al suolo)
- $C_E = 1.0$ (coefficiente di esposizione)
- $\mu_1 = 0.8$ (coefficiente di forma) assumendo che la forma assialsimmetrica possa costituire un vincolo al libero scorrimento della neve
- $C_T = 1.0$ (coefficiente termico)

Ne deriva un carico da neve pari a $q_s = 0.8 \times 1.5 = 1.2 \text{ kN/m}^2$. Tale valore si intende su superficie orizzontale proiettata.

Si segnala che per i pannelli più interni, che non costituiscono oggetto delle analisi di cui alla presente nota tecnica in quanto di minori dimensioni, si potrebbero avere carichi maggiori dovuti all'effetto da accumulo.

La risultante verticale del carico da neve sul pannello è pari a 5.26 kN.

6. ANALISI STRUTTURALI DELLA CONFIGURAZIONE NOMINALE – RISULTATI**6.1. Analisi modali**

Si eseguono dapprima le analisi modali delle tre geometrie analizzate. In tal modo è possibile evidenziare le parti che, avendo minore rigidità, contribuiscono maggiormente ad innescare i modi di vibrazione a frequenza più bassa.

Per le geometrie denominate geo1_a e geo2_a, ossia laddove sono stati modellati gli spezzoni dei pannelli adiacenti a quello in esame, si è ritenuto opportuno porre in testa a tali spezzoni una massa puntiforme corrispondente alla quota parte di pannello spettante a ciascun spezzone, nell'ipotesi di ripartizione in base alla posizione del baricentro del pannello stesso.

Tale modellazione però può innescare alcuni modi locali fittizi in cui solo alcuni spezzoni vibrano (inflettendo anche la piastra dell'attuatore in corrispondenza dell'incastro dello spezzone). Tali modi locali non sono significativi e non vengono riportati in tabella.

E' evidente comunque che l'aver inserito solo la massa dei pannelli non modellati, senza averne la rigidità ha un impatto sui valori di frequenze relative alle geometrie geo1_a e geo2_a. Resta comunque assai significativo il confronto tra le frequenze ottenute nei tre casi e, soprattutto, le forme modali che si innescano nel caso geo2_a, come meglio dettaglieremo nel seguito.

Nella seguente tabella si riportano le frequenze più basse ottenute per le tre configurazioni base analizzate (progetto originario).

| geo0_a | | geo1_a | | geo2_a | |
|--------|----------------|--------|----------------|--------|----------------|
| modo | Frequenza [Hz] | modo | Frequenza [Hz] | modo | Frequenza [Hz] |
| 1 | 37.2 | 1 | 29.4 | 1 | 15.5 |
| 2 | 53.2 | 2 | 33.2 | 2 | 20.0 |
| 3 | 53.8 | 3 | 33.5 | 3 | 25.8 |
| 4 | 60.3 | 8 | 35.7 | 4 | 27.6 |
| 5 | 64.1 | 9 | 37.1 | 5 | 29.5 |
| 6 | 66.4 | 12 | 44.0 | 6 | 30.0 |
| 7 | 68.0 | 15 | 46.5 | 7 | 33.1 |
| 8 | 70.2 | 18 | 49.7 | 12 | 36.2 |
| 9 | 71.3 | 19 | 53.2 | 13 | 37.3 |
| 10 | 75.2 | | | 15 | 40.2 |

Tabella 7 – Frequenze dei primi modi di vibrare nei tre modelli analizzati.

Dai risultati in tabella appare evidente come la deformabilità delle connessioni del pannello (spezzoni e piastra attuatori per geo1_a / spezzoni, piastra attuatori e piastre di nodo per geo2_a) impatti notevolmente sulle frequenze del sistema. Anche la presenza del doppio angolare della falsa centina (geo2_a) contribuisce ad innescare alcune forme modali.

Nel seguito si riportano le curve di livello di alcune forme modali ritenute più significative. Tutte le componenti di spostamento sono valutate nel sistema di riferimento 35 (piano secante al pannello).

6.1.1. Forme modali geometria geo0_a

Nella geometria geo0_a in tutti i modi calcolati (fino al XX modo) il pannello vibra fuori piano. I primi due modi sono flessionali globali fuori piano. Il primo è simmetrico mentre il secondo è emi-simmetrico rispetto al piano mediano radiale (V. Figura 6-27).

Dal III modo inizia una serie di modi locali costituiti da flessioni dei campi di pelle compresi tra due Z tangenti. Ovviamente i modi a frequenza più bassa interessano i campi di dimensioni maggiori. Si vedano gli esempi riportati in Figura 6-28.

A partire dal XIX modo compaiono modi locali emi-simmetrici (V. Figura 6-29)

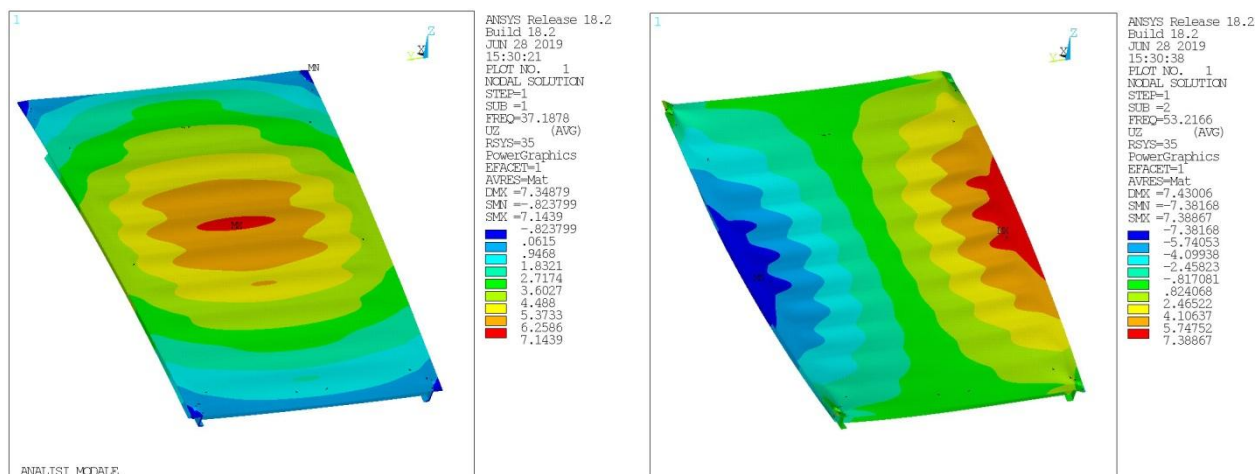


Figura 6-27– Spostamenti fuori piano del I (SX) e del II (DX) modo

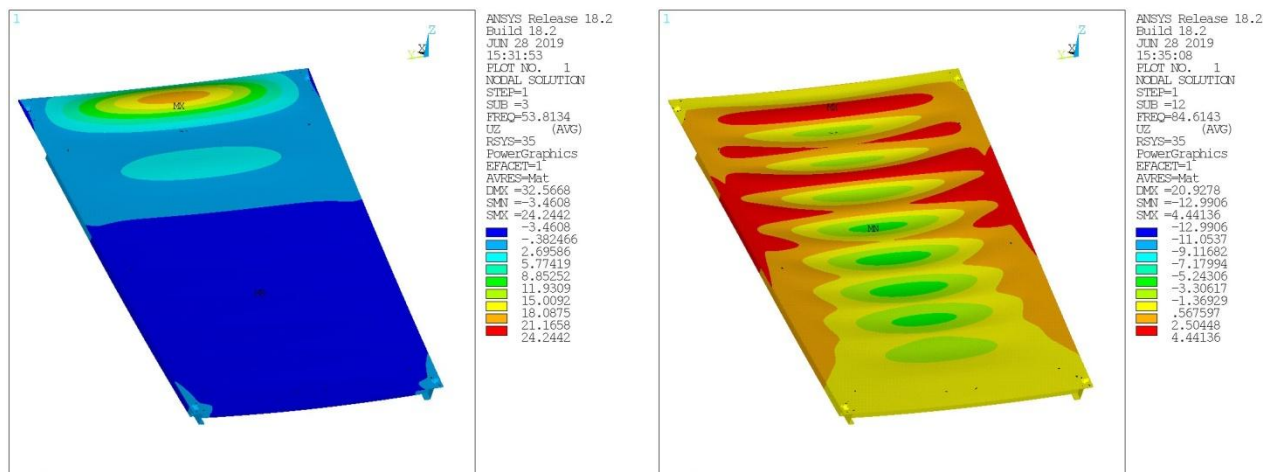


Figura 6-28– Spostamenti fuori piano del III (SX) e del XII (DX) modo

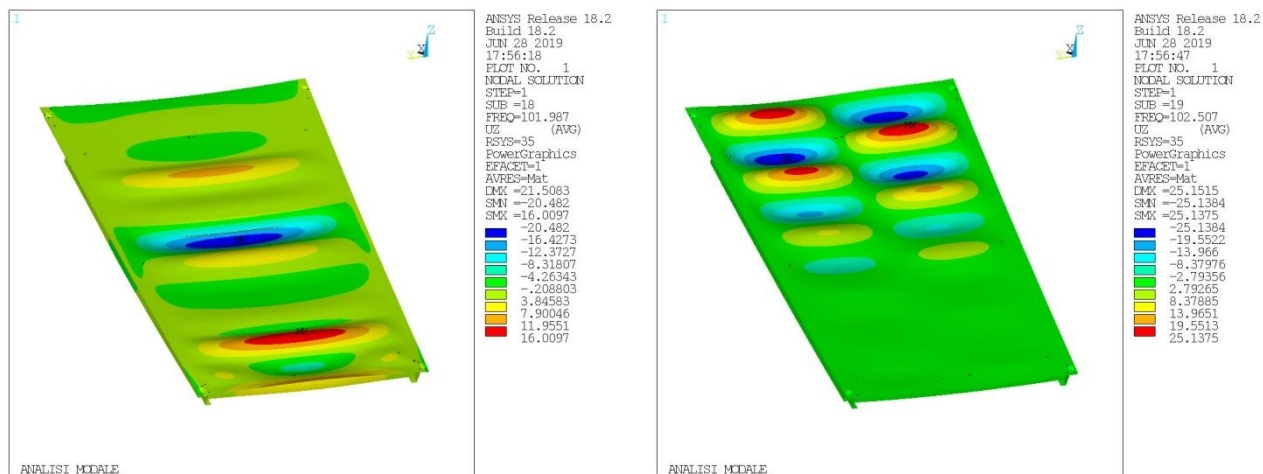


Figura 6-29– Spostamenti fuori piano del XVIII (SX) e del XIX (DX) modo

6.1.2. Forme modali geometria geo1_a

Nella geometria geo1_a, a seguito della deformabilità degli spezzoni di collegamento alla piastra dell'attuatore, le forme modali presentano spesso anche componenti significative dirette nel piano secante del pannello, vuoi in direzione radiale (asse X sistema 35) o in direzione azimutale (asse Y del sistema 35). V. ad esempio Figura 6-30 e Figura 6-31.

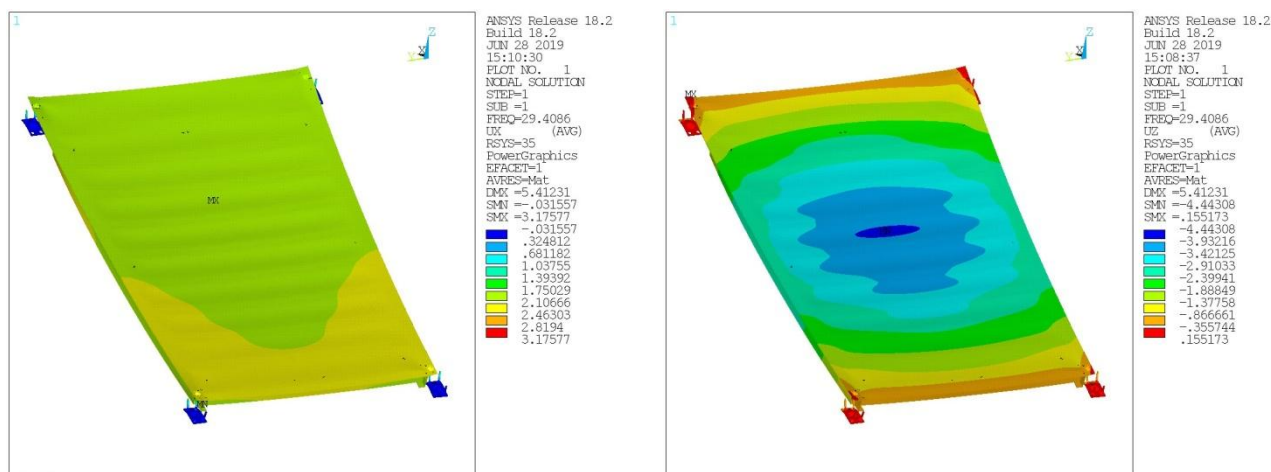


Figura 6-30– Spostamenti radiali (SX) e fuori piano (DX) del primo modo

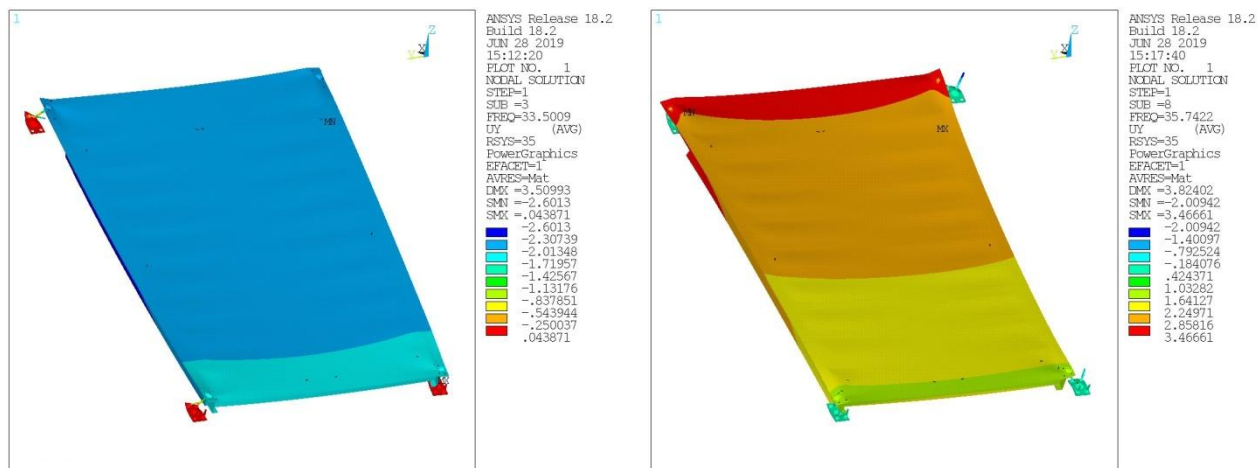


Figura 6-31– Spostamenti azimutali del III modo (SX) e del modo VIII (DX)

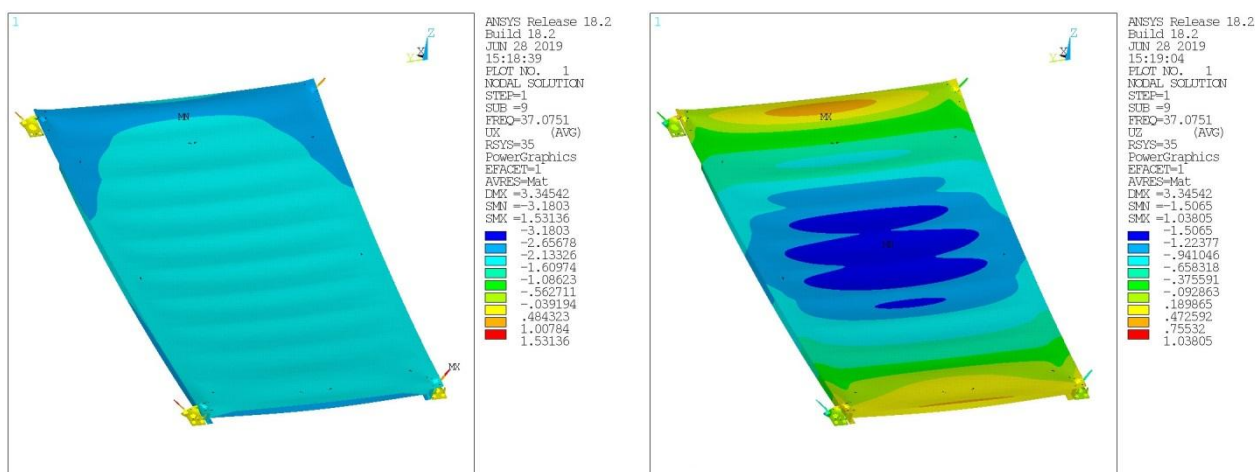


Figura 6-32– Spostamenti radiali (SX) e fuori piano (DX) del IX modo

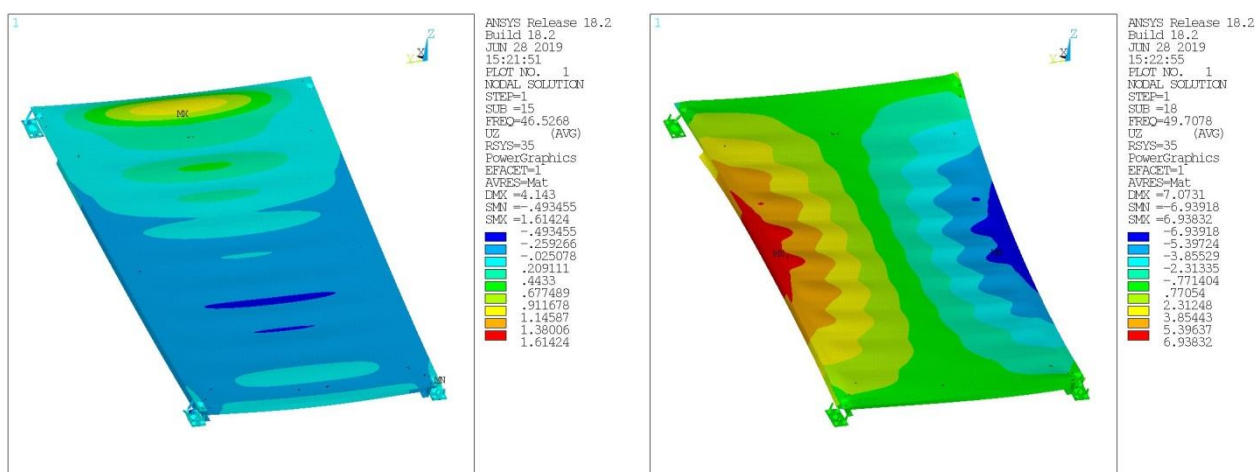


Figura 6-33–Modo XV (SX) con componenti di spostamento locali fuori piano e modo XVIII con deformata globale emisimmetrica fuori piano

6.1.3. Forme modali geometria geo2_a

In questa geometria le deformate modali globali sono spesso notevolmente influenzate dalla deformabilità delle piastre di nodo di connessione con le strutture del paraboloide, in particolar modo le false centine.

La Figura 6-35 evidenzia la deformata azimutale innescata dalla flessione fuori piano delle piastre di nodo sulle false centine. La Figura 6-36 evidenzia la corrispondente rotazione delle corrispondenti piastre di ancoraggio degli attuatori. Anche i modi VI e XIII (V. Figura 6-37) sono innescati dalla deformabilità della piastra di nodo al vertice V3.

La bassa rigidezza dei piatti di nodo sulle false centine ha ovviamente anche un notevole impatto sui valori delle frequenze.

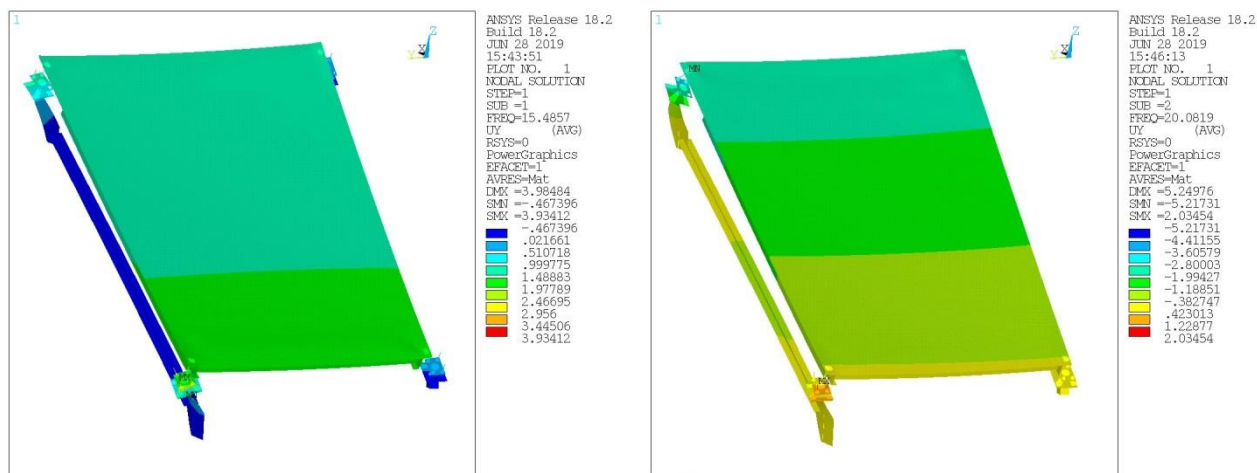


Figura 6-34— Componenti di spostamento azimutali del I modo (SX) e del II modo(DX)

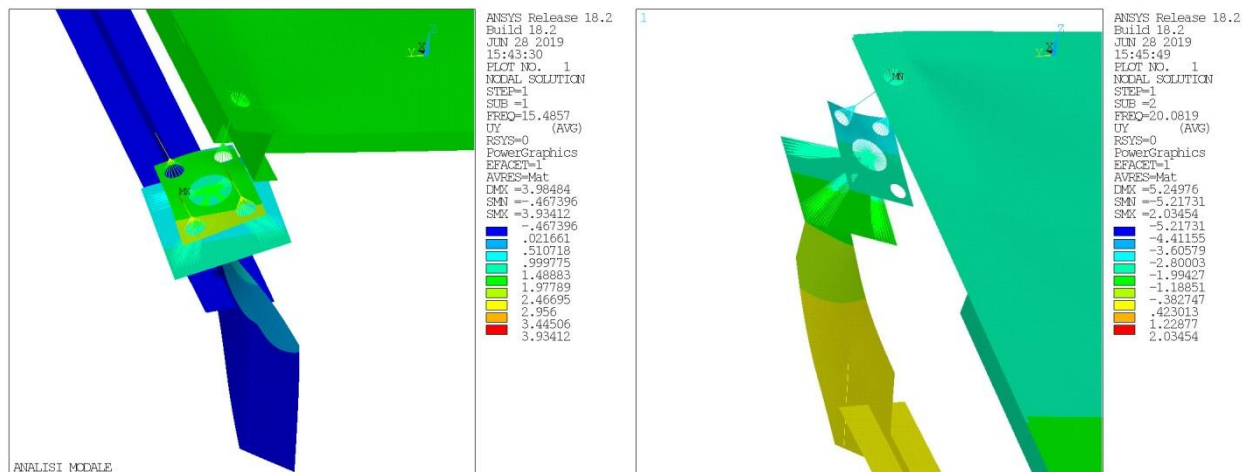


Figura 6-35— Dettaglio delle componenti di spostamento azimutali del I modo al vertice V4 (SX) e del II modo vertice V3 (DX)

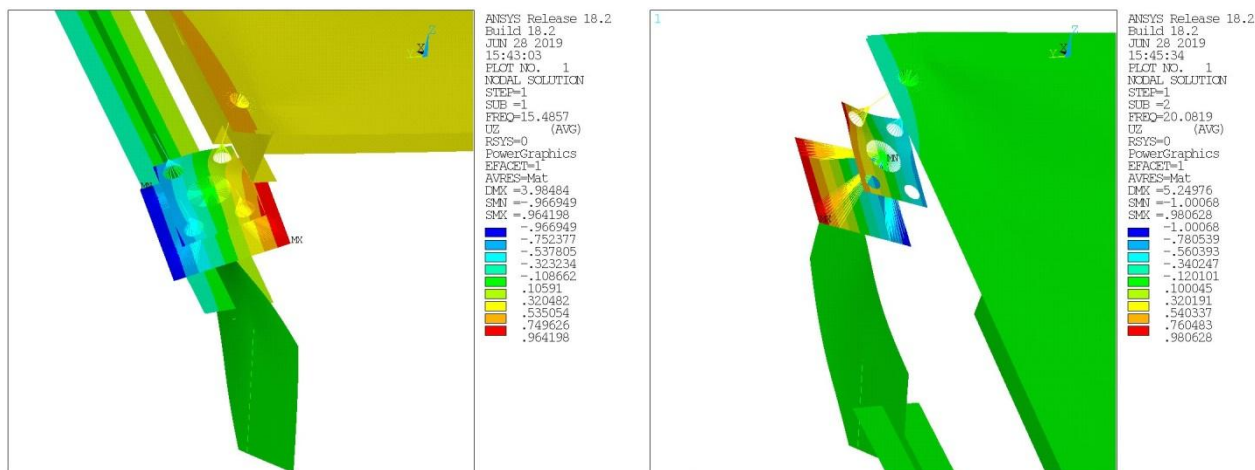


Figura 6-36– Dettaglio delle componenti di spostamento fuori piano del I modo al vertice V4 (SX) e del II modo vertice V3 (DX)

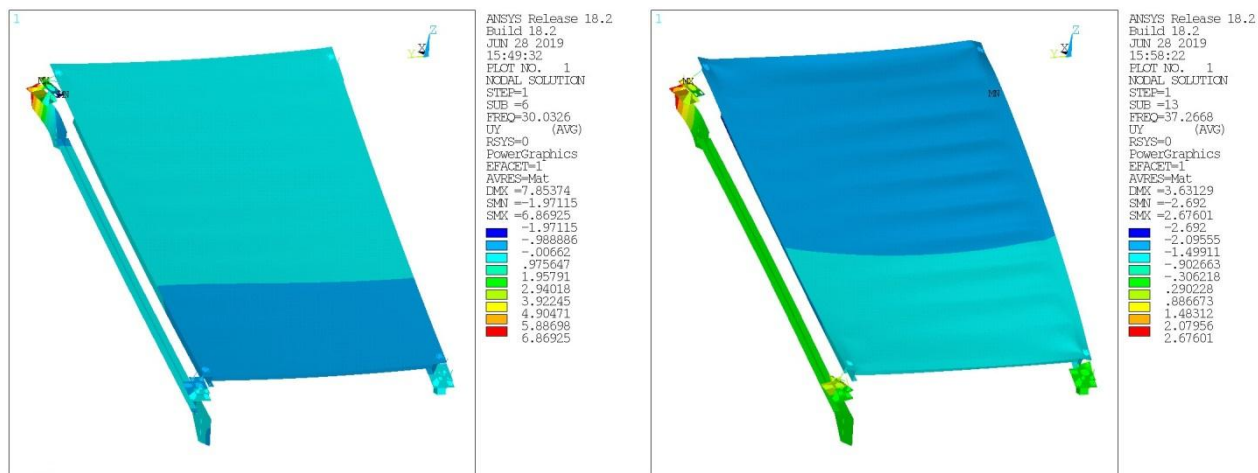


Figura 6-37– Componente di spostamento azimutale del VI modo (SX) e del XIII modo (DX). Anche il corrente della falsa centina contribuisce ad innescare modi a bassa frequenza

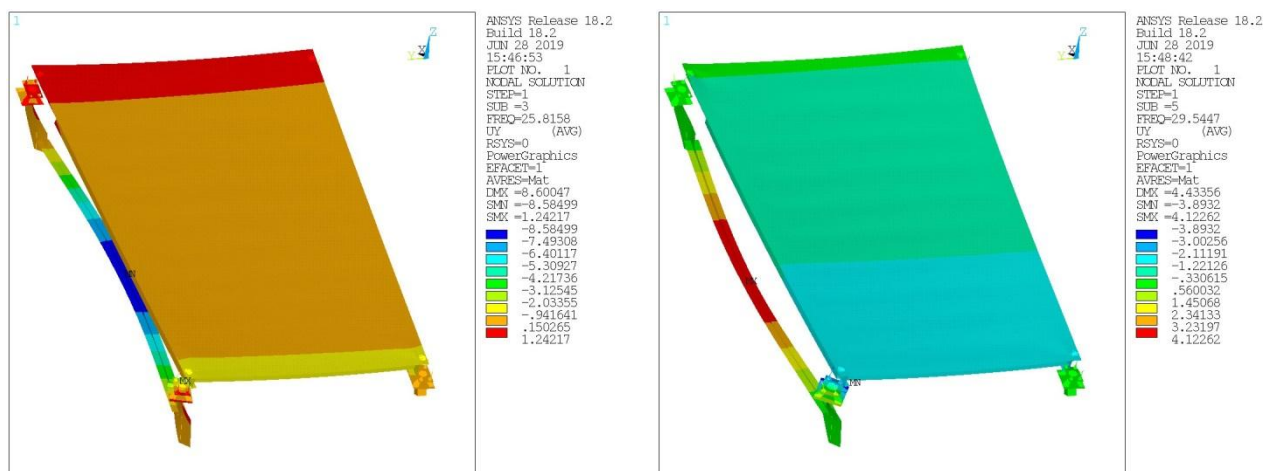


Figura 6-38– Componente di spostamento azimutale del III modo (SX) e del V modo (DX)

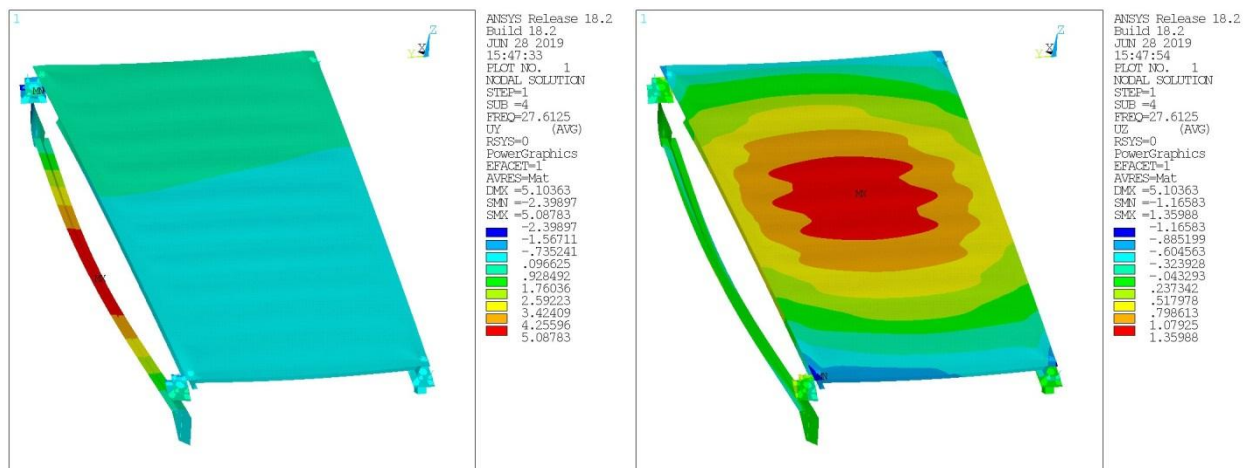


Figura 6-39– Componente di spostamento azimutale (SX) e spostamento fuori piano del IV modo (DX)

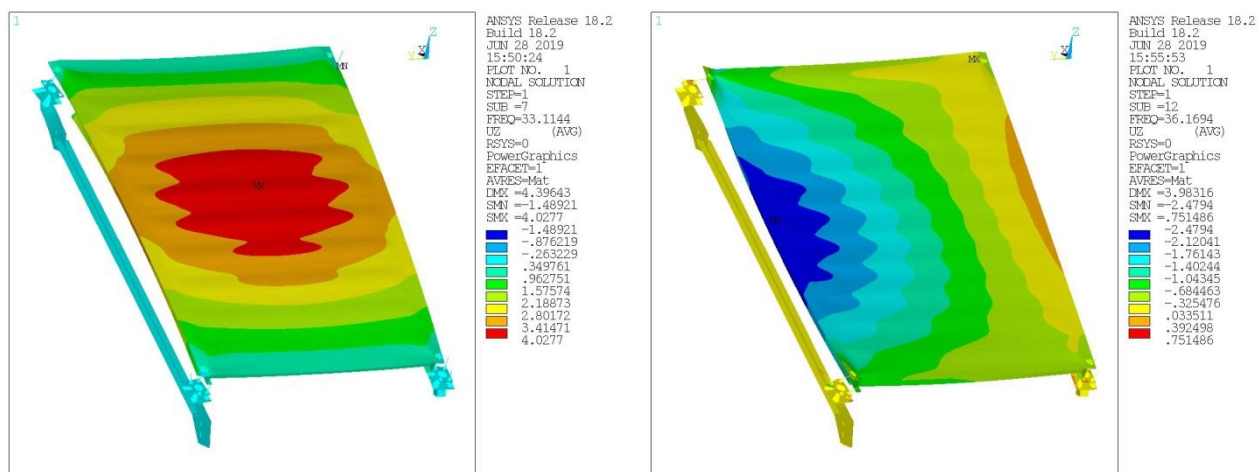


Figura 6-40– Componente di spostamento fuori piano del modo VII (SX) e del modo XII (DX)

6.2. Effetti della gravità

Le analisi sono state condotte su tutte e tre le geometrie analizzate, sia per il progetto originario che per le varianti considerate, per poter isolare i contributi di errore di superficie generati dalla deformata propria del pannello, da quelli imputabili ai supporti.

I risultati delle tre geometrie analizzate sono identificati rispettivamente dalle sigle *geoi_x*, secondo la descrizione precedentemente riportata (V. §4).

Nelle geometrie *geo1* e *geo2* sono modellati anche gli spezzoni dei pannelli adiacenti a quello analizzato. In testa a tali spezzoni è stata applicata una massa puntiforme di entità pari alla quota parte di pannello corrispondente.

6.2.1. Deformata del pannello

Si analizza dapprima la deformata del pannello indotta dalla gravità, in funzione del mutuo orientamento tra pannello e vettore gravità.

6.2.1.1. Gravità normale al pannello

Nel caso in cui la gravità agisca in direzione normale al piano passante per i quattro vertici del pannello la deformata della superficie ottica fornisce i seguenti risultati.

| geometria | Un medio [μm] | Un min. [μm] | Un max [μm] | PtoV [μm] | RMS1 [μm] | RMS2 [μm] |
|------------|------------------|-----------------|----------------|--------------|--------------|--------------|
| geo0_a/b/c | -164 | -258 | 40 | 298 | 56 | 173 |
| geo0_d/e | -154 | -251 | 26 | 277 | 58 | 165 |
| geo0_f/g | -136 | -224 | 27 | 251 | 52 | 145 |
| geo1_a | -230 | -360 | 44 | 404 | 81 | 244 |
| geo1_b | -219 | -347 | 51 | 398 | 81 | 233 |
| geo1_c | -217 | -344 | 51 | 395 | 80 | 231 |
| geo1_d | -197 | -326 | 19 | 345 | 81 | 213 |
| geo1_e | -196 | -323 | 20 | 343 | 80 | 211 |
| geo1_f | -173 | -291 | 32 | 323 | 72 | 188 |
| geo1_g | -174 | -292 | 32 | 324 | 72 | 188 |
| geo2_a | -246 | -375 | 31 | 406 | 82 | 259 |
| geo2_b | -233 | -362 | 40 | 402 | 81 | 247 |
| geo2_c | -232 | -360 | 42 | 402 | 81 | 246 |
| geo2_d | -211 | -339 | 11 | 350 | 81 | 225 |
| geo2_e | -209 | -336 | 10 | 346 | 80 | 223 |
| geo2_f | -182 | -301 | 33 | 333 | 73 | 196 |
| geo2_g | -182 | -301 | 33 | 334 | 73 | 196 |

Tabella 8 - Gravità normale al pannello – Parametri di deformazioni della superficie ottica

I risultati in Tabella 8 evidenziano l'aumento di deformabilità dovuto al minor grado di vincolo nel piano, a seguito della presenza degli spezzoni e piastre di collegamento nei modelli aventi geometria 1 e 2.

A conferma dell'effetto irrigidente dei vincoli di piano riportiamo in Tabella 9 i parametri globali di deformabilità per la configurazione *geo0_a_bis* che è in tutto coincidente con la configurazione *geo0_a* eccetto che per i vincoli di piano. Nella *geo0_a* sui quattro nodi vincolati (snodi in testa agli spezzoni) sono impediti anche gli spostamenti nelle direzioni parallele al piano secante (x-Y sistema n° 35); nella

geo0_a_bis invece tali componenti di spostamento sono state lasciate libere (fatti salvi i vincoli minimi necessari ad impedire i moti rigidi di tutto il pannello). Con i vincoli di piano rilasciati i parametri di deformabilità sono del tutto in linea con i valori ottenuti per le configurazioni geo1_a / geo2_a.

| geometria | Un medio [μm] | Un min. [μm] | Un max [μm] | PtoV [μm] | RMS1 [μm] | RMS2 [μm] |
|------------|------------------|-----------------|----------------|--------------|--------------|--------------|
| geo0_a | -164 | -258 | 40 | 298 | 56 | 173 |
| geo0_a_bis | -220 | -351 | 58 | 409 | 83 | 235 |

Tabella 9 - Gravità normale al pannello – Effetto irrigidente dei vincoli di piano

In Figura 6-41 si riportano le linee di livello della deformata elastica della superficie ottica, per le tre geometrie analizzate (progetto originario) e per la configurazione geo0_a_bis.

I risultati in tabella evidenziano come l'effetto delle costole di irrigidimento ai vertici costituiscano un intervento locale, con qualche impatto sul valore di picco-valle e sull'RMS (RMS2), ma con impatto nullo sulla deviazione standard (RMS1).

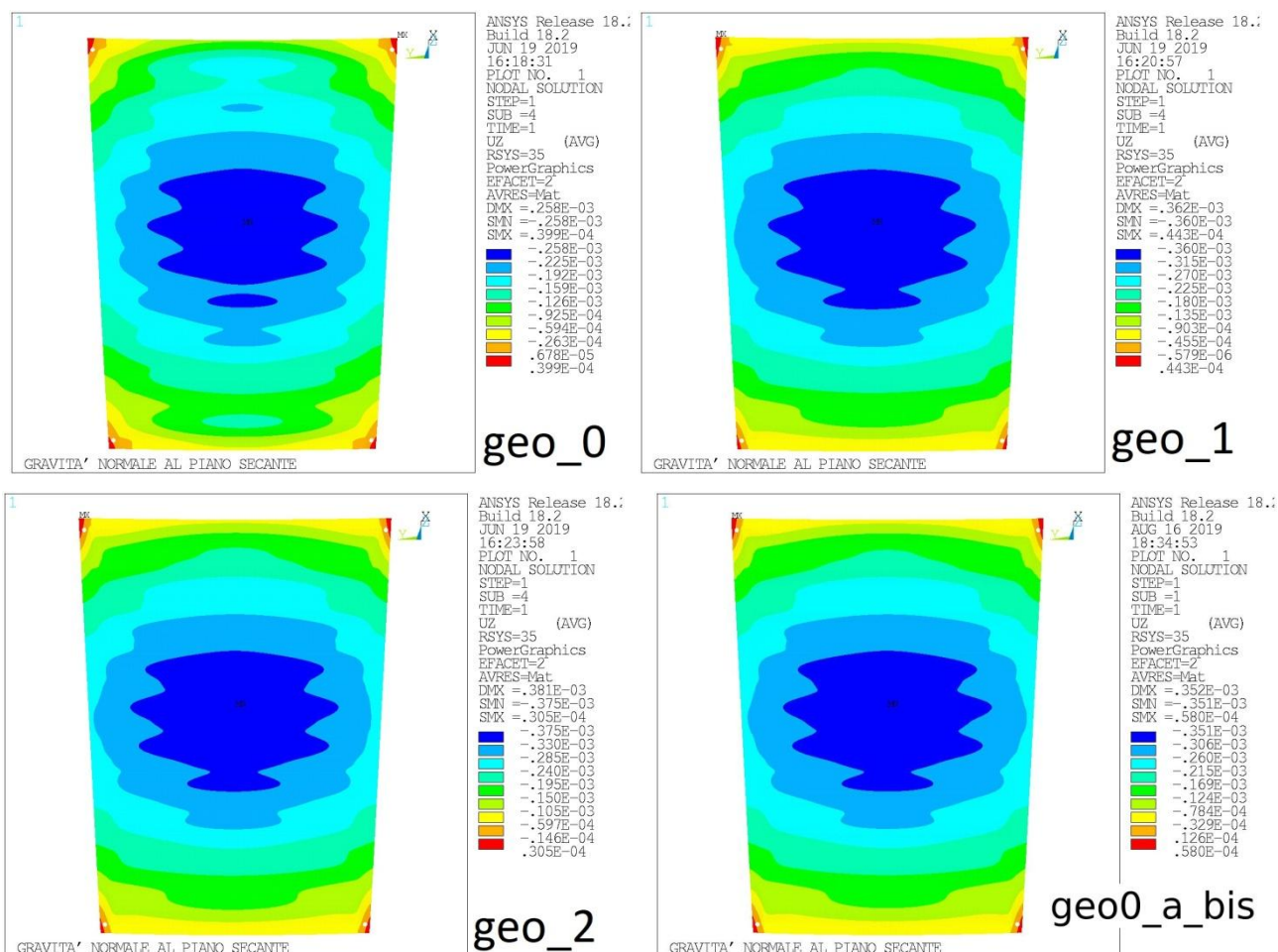


Figura 6-41– Gravità normale al pannello - Curve di livello della componente Z della deformata nel sistema n°35 rispettivamente per le configurazioni geo0_a geo1_a geo2_a

L'aggiunta di costole di irrigidimento della pelle superiore (variante "d"), in prossimità degli attacchi degli spezzoni contribuisce a ridurre il gradiente locale della deformata, soprattutto nelle configurazioni geo1_d e geo2_d.. Si vedano le deformate in Figura 6-42.

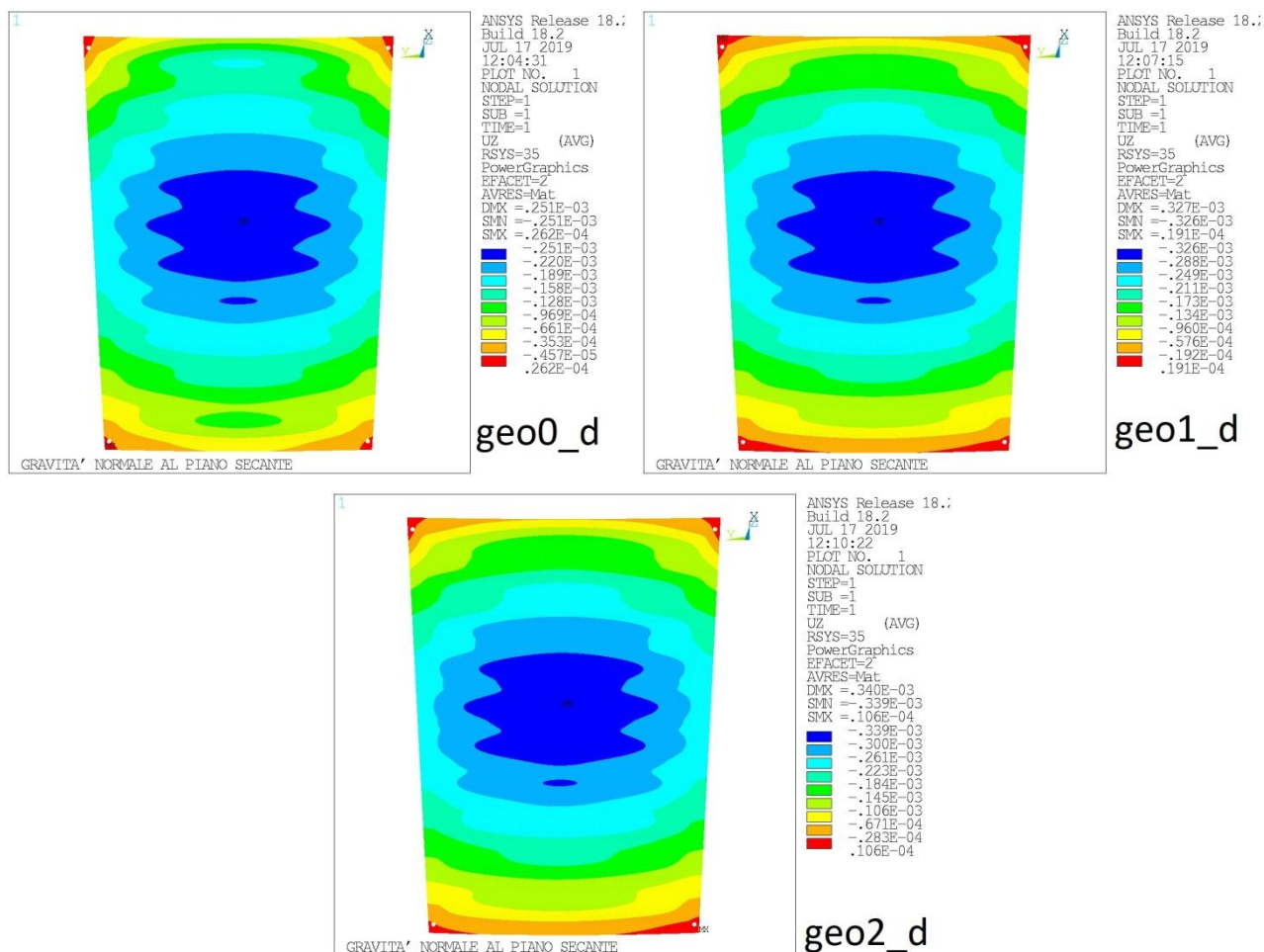


Figura 6-42– Gravità normale al pannello - Curve di livello della componente Z della deformata nel sistema n°35 rispettivamente per le configurazioni geo0_d geo1_d geo2_d

Nessun miglioramento significativo si ottiene rimuovendo alla deformata da gravità normale al piano medio del pannello le componenti di rototraslazione rigida. Si veda in proposito il confronto tra la Figura 6-42 e la Figura 6-43.

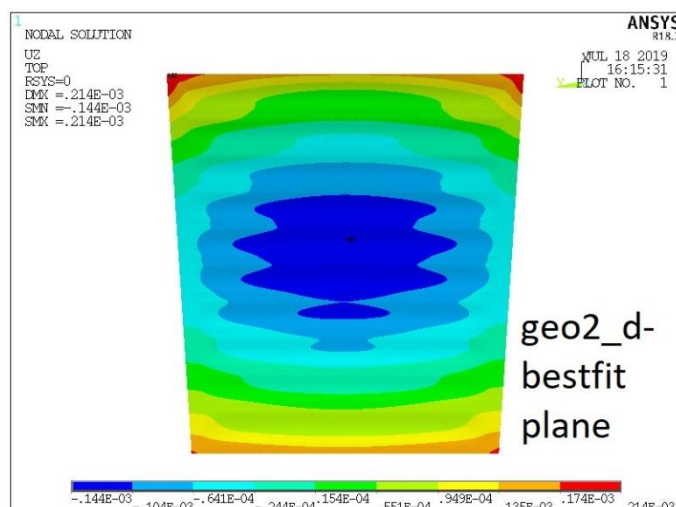


Figura 6-43– Gravità normale al pannello - Curve di livello della componente Z della deformata nel sistema n°35 – caso geo2_d depurato dal piano di bestfit

Più significativo è il caso in cui si rimuova la sfera di bestfit. Si veda a tal proposito la Figura 6-44. La sfera di bestfit ha raggio 29.46277 m e coordinate del centro (nel sistema 32) pari a:

- $X_C = 0.0$
- $Y_C = 0.0$
- $Z_C = 29.46277 \text{ m}$

La deformata residua, una volta rimossa la sfera di best fit ha.

- Picco Valle = $166 \mu\text{m}$ (contro $350 \mu\text{m}$ della deformata originaria)
- Deviazione Standard = $31.2 \mu\text{m}$ (contro $81 \mu\text{m}$ della deformata originaria)

Questi risultati evidenziano la quota parte di deviazione standard attribuibile alla deformata flessionale globale del pannello, rispetto a quella attribuibile alla deformata flessionale locale della pelle tra due Z tangenti successive. Essa quindi fornisce utili indicazione su quali elementi irrigidire, nel caso si volesse ridurre la deformabilità del pannello.

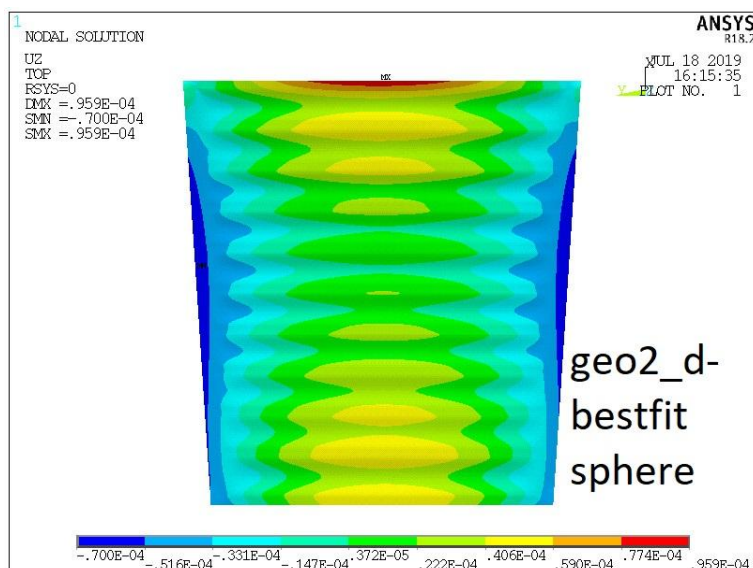
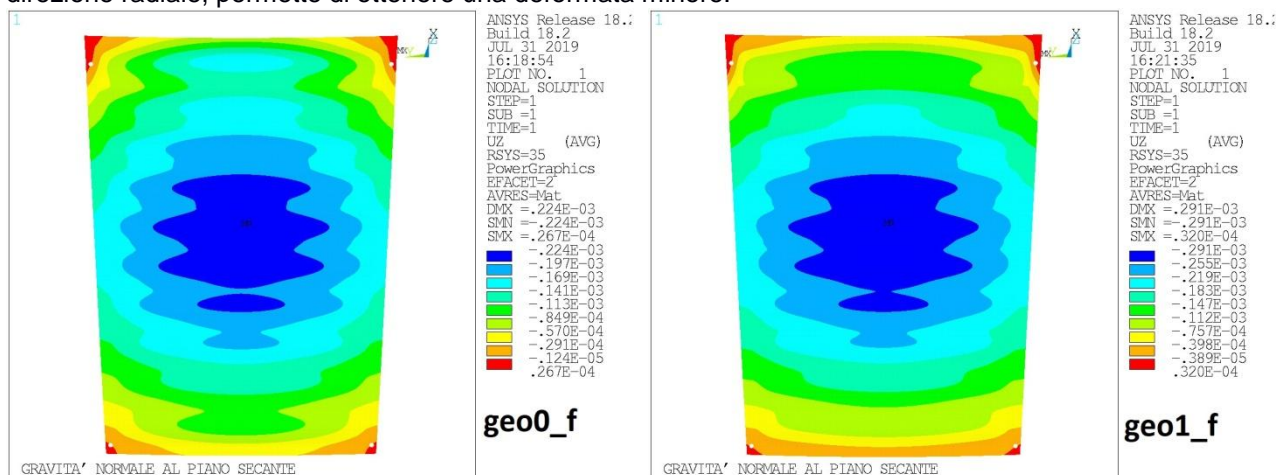


Figura 6-44— Gravità normale al pannello - Curve di livello della componente Z della deformata nel sistema n°35 – caso geo2_d depurato dalla sfera di bestfit

Lo spostamento degli spezzoni esterni sul foro interno della piastra (casi f/g), diminuendo la luce libera in direzione radiale, permette di ottenere una deformata minore.



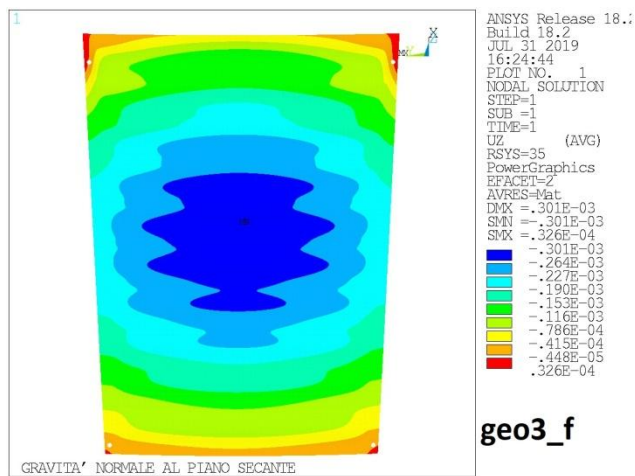


Figura 6-45— Gravità normale al pannello - Curve di livello della componente Z della deformata nel sistema n°35
rispettivamente per le configurazioni geo0_f geo1_f geo2_f

6.2.1.2. Gravità laterale

Nel caso in cui la gravità agisca nella direzione -Y del sistema di riferimento globale la deformata della superficie ottica fornisce i seguenti risultati.

| geometria | Un medio [μm] | Un min. [μm] | Un max [μm] | PtoV [μm] | RMS1 [μm] | RMS2 [μm] |
|------------|------------------|-----------------|----------------|--------------------------|------------------------|--------------|
| geo0_a/b/c | 0 | -31 | 31 | 62 | 13 | 13 |
| geo0_a_bis | 17 | -72 | 115 | 187 199 ¹⁾ | 36 15 ¹⁾ | 39 |
| geo0_d | 0 | -15 | 15 | 31 | 6 | 6 |
| geo0_f/g | 0 | -25 | 25 | 50 | 9 | 9 |
| geo1_a | 0 | -70 | 70 | 140 | 35 | 35 |
| geo1_b | 0 | -53 | 53 | 105 | 25 | 25 |
| geo1_c | 0 | -51 | 51 | 102 | 24 | 24 |
| geo1_d | 0 | -39 | 39 | 77 | 17 | 17 |
| geo1_f | 0 | -42 | 42 | 85 | 19 | 19 |
| geo1_g | 0 | -43 | 43 | 85 | 19 | 19 |
| geo2_a | 36 | -190 | 199 | 389 | 83 | 90 |
| geo2_b | 18 | -163 | 142 | 205 | 60 | 63 |
| geo2_c | 25 | -140 | 138 | 279 | 55 | 60 |
| geo2_d | -16 | -127 | 90 | 217 | 52 | 55 |
| geo2_f | 10 | -99 | 140 | 239 | 52 | 53 |
| geo2_g | 5.9 | -108 | 140 | 248 | 54 | 55 |

1) valori ottenuti rimuovendo rototraslazioni rigide

Tabella 10 - Gravità laterale (-Y) – Parametri di deformazioni della superficie ottica

I risultati in tabella evidenziano un significativo miglioramento, anche dei termini di deformabilità globale, per effetto delle 4 costole di irrigidimento ai vertici (variante "d"). Tale effetto, molto evidente in termini percentuali su geo0, si smorza man mano che si aggiunge il contributo di deformabilità dei supporti, fino a praticamente annullarsi in geo2, si veda a tal fine anche il confronto tra le configurazioni corrispondenti di Figura 6-46 e Figura 6-48.

La deformabilità dei supporti incide notevolmente sull'entità della deformata del pannello, introducendo essenzialmente un tilt rigido attorno all'asse X locale.

Nella configurazione geo0_a_bis la deformata è perturbata dal fatto che c'è solo un vincolo nella direzione della gravità laterale su cui si concentra tutta la reazione a terra.

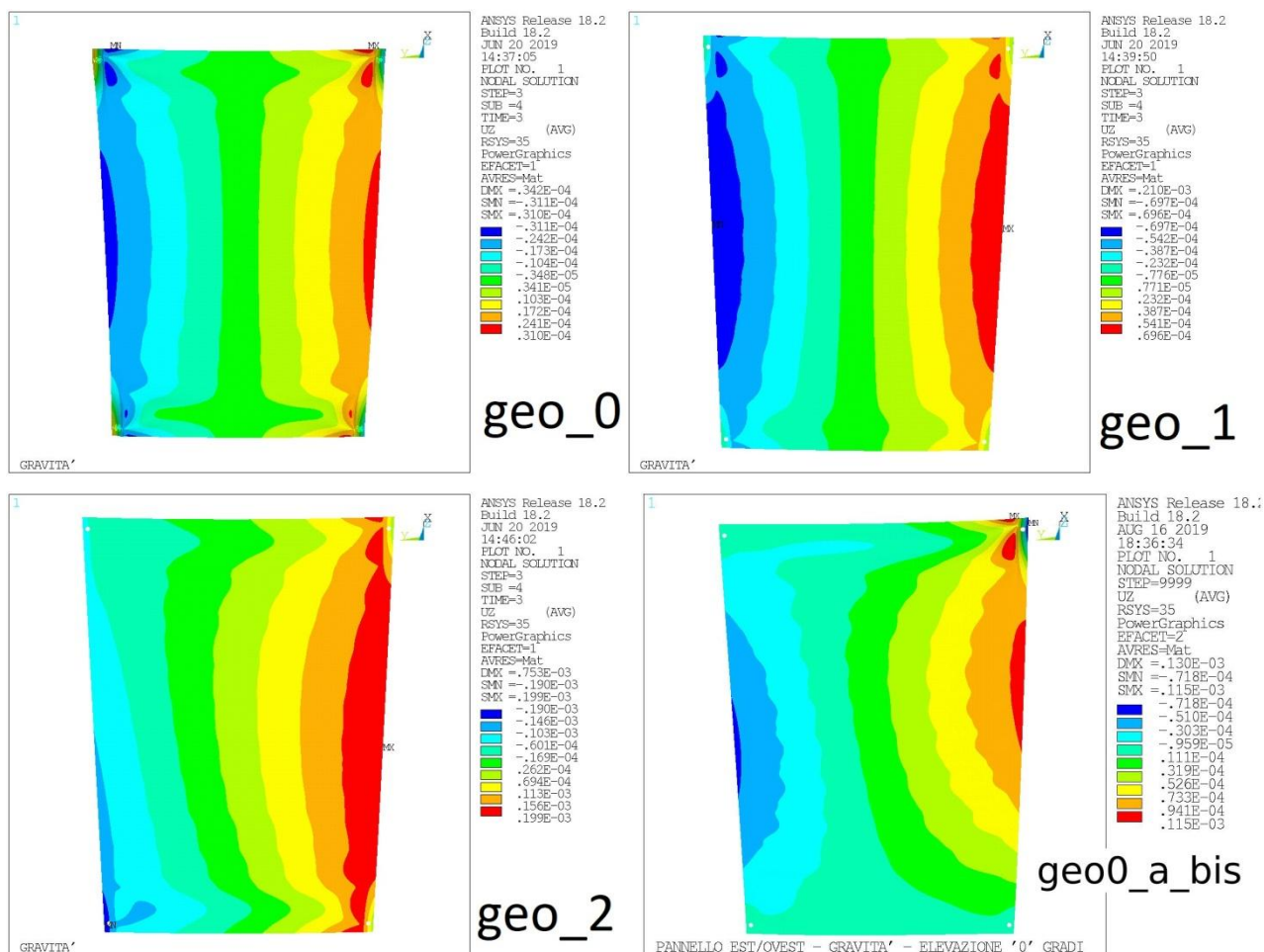


Figura 6-46– Gravità laterale (-Y) - Curve di livello della componente Z della deformata nel sistema n°35 per le configurazioni originarie di progetto geo0_a / geo1_a / geo2_a

Le immagini in Figura 6-47 evidenziano la deformata delle strutture di nodo in corrispondenza dei vertici V3 e V4 posti sulla falsa centina. Nell'immagine di sinistra sono quotati gli spostamenti nella direzione della gravità (-Y), mentre nella figura di destra gli spostamenti in UZ normali al piano secante. Si noti la deformata flessio-torsionale dei piatti di nodo ed il tilt delle piastre di ancoraggio degli attuatori.

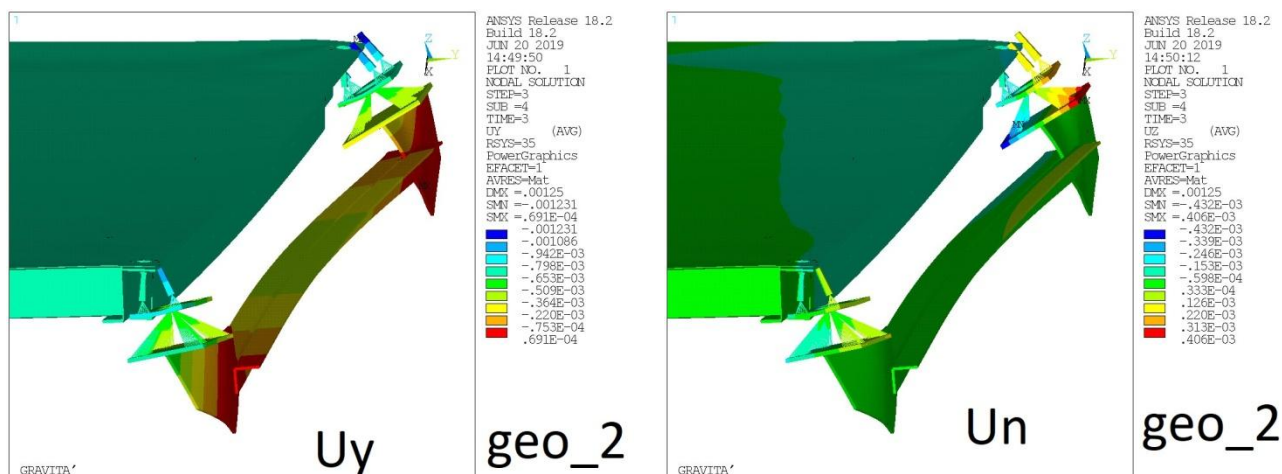


Figura 6-47– Gravità laterale (-Y) dettaglio della deformata ai vertici connessi alla falsa centina (V3-V4)

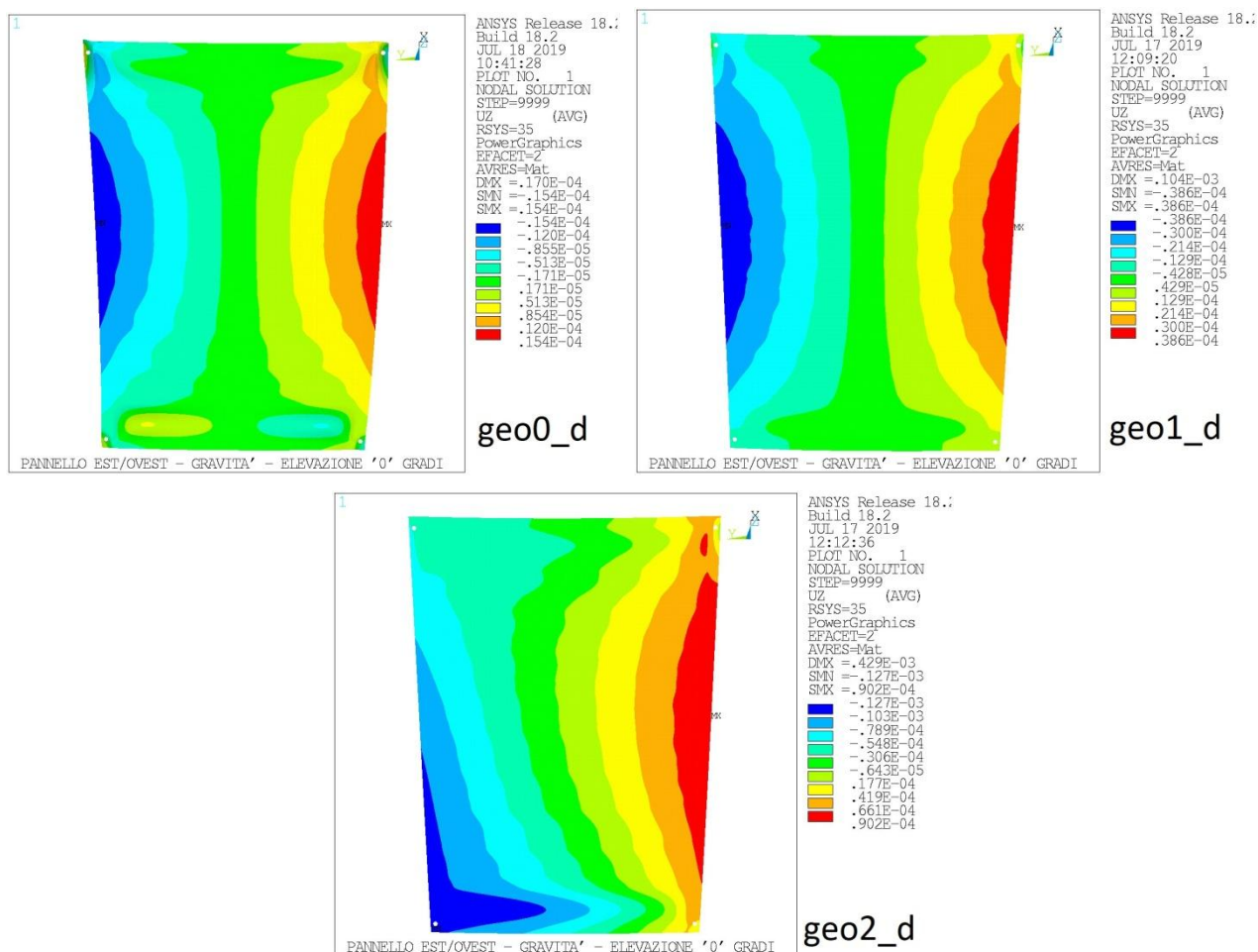
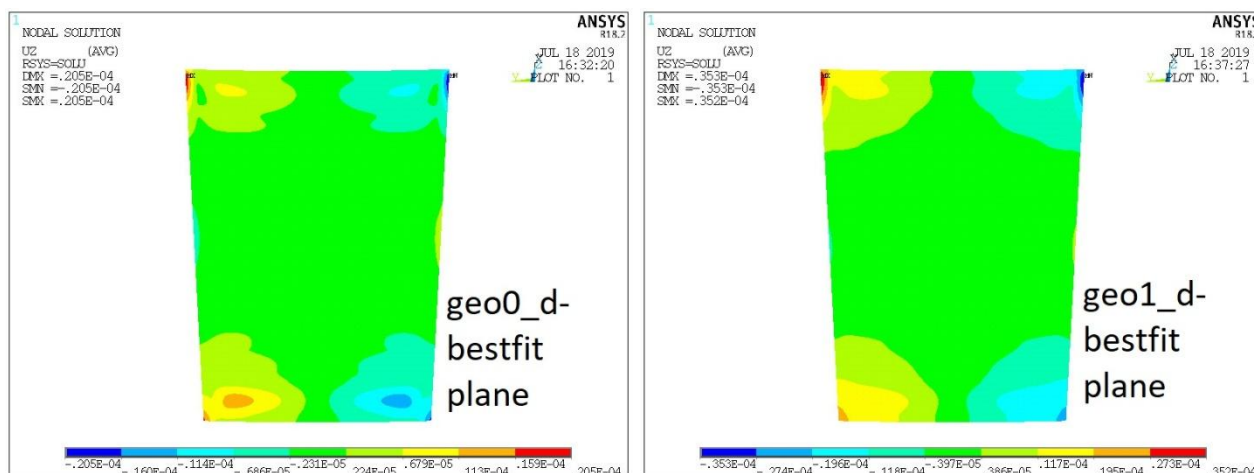


Figura 6-48– Gravità laterale (-Y) - Curve di livello della componente Z della deformata nel sistema n°35 per le configurazioni con costole ai vertici (geo0_d / geo1_d / geo2_d).

Tutte le deformate hanno una notevole componente di rototraslazione rigida, come evidenziato dalle deformate residue, depurate dal piano di bestfit, riportate in Figura 6-49.



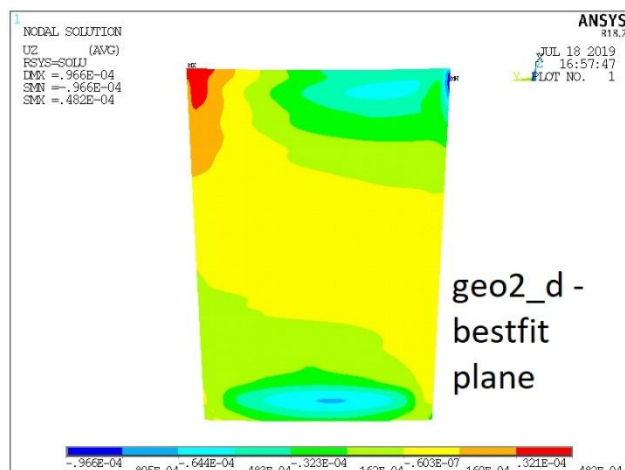


Figura 6-49– Gravità laterale (-Y) - Curve di livello della componente Z della deformata depurata dalle rototraslazioni rigide per le configurazioni con costole ai vertici (geo0_d / geo1_d / geo2_d).

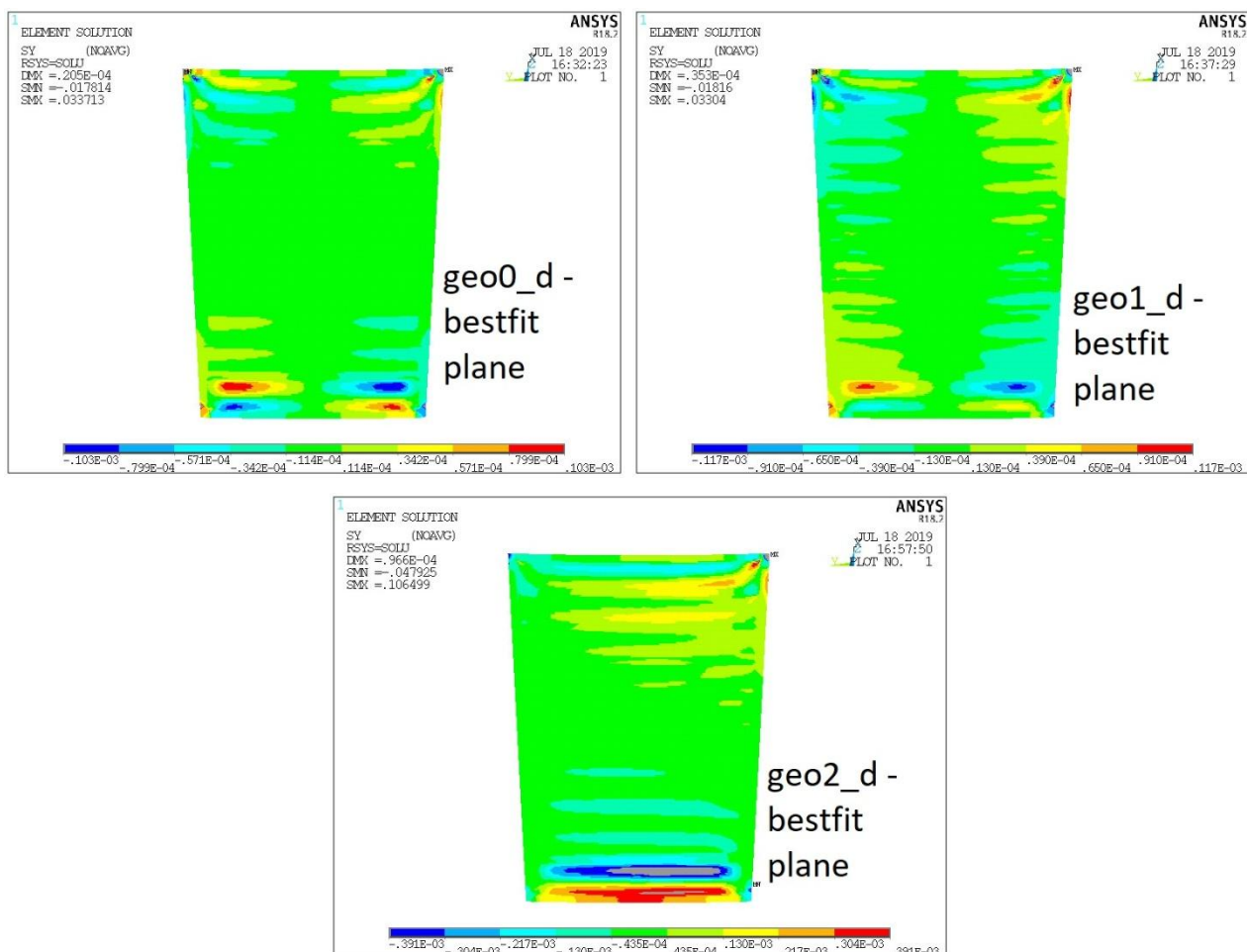


Figura 6-50– Gravità laterale (-Y) - Curve di livello della “slopes” attorno asse Y (sistema 35) della deformata depurata dalle rototraslazioni rigide per le configurazioni con costole ai vertici (geo0_d / geo1_d / geo2_d) [radianti]

In Figura 6-50 sono riportate le curve di livello delle tangenti locali attorno asse Y (sistema 35) valutate sulla deformata depurata dalle rototraslazioni rigide. Le rotazioni sono quotate in radianti e per consentire una buona leggibilità le curve di livello sono limitate al range pari a ± 2 volte la deviazione standard. Le zone con valori al di fuori di tale range sono colorati in grigio.

In Tabella 11 sono riportati, per le sole configurazioni tipo “d” i parametri di deformazione totali confrontati con quelli ottenuti dopo aver rimosso il piano di bestfit. In realtà si tratta di una valutazione abbastanza accademica dato che non è possibile correggere le rototraslazioni rigide operando con il controllo attivo. Infatti ciascun attuatore opera contemporaneamente su tutti e 4 (2 per il ring esterno) i vertici dei pannelli convergenti ad un nodo, mentre la correzione della deformata indotta dalla gravità laterale richiederebbe spostamenti di segno opposto sui vertici di pannelli connessi allo stesso attuatore.

| Configurazione | Stato | Picco-Valle [μm] | Deviazione Standard [μm] |
|----------------|----------------------------|-------------------------------|---------------------------------------|
| geo0_d | Deformata originaria | 31 | 6.3 |
| | Depurata dal piano bestfit | 35 | 2.8 |
| geo1_d | Deformata originaria | 77 | 17.1 |
| | Depurata dal piano bestfit | 57 | 5.2 |
| geo2_d | Deformata originaria | 217 | 52.5 |
| | Depurata dal piano bestfit | 126 | 18.2 |

Tabella 11 - Gravità laterale (-Y) – Parametri di deformazioni della superficie ottica depurata dal piano di bestfit

| Configurazione | Traslazione Z [μm] | Rotazione attorno X [microrad] | Rotazione attorno Y [microrad] |
|----------------|---------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| geo0_d | 0. | -10.08 | 0. |
| geo1_d | 0. | -28.80 | 0. |
| geo2_d | -16. | -84.19 | -19.63 |

Tabella 12 - Gravità laterale (-Y) – Definizione delle rototraslazioni rigide rimosse (piani di bestfit). Sistema 35.

6.2.1.3. Pannello Nord – Deformata in funzione dell'angolo di elevazione

I parametri di deformabilità del pannello Nord (V. Figura 5-22) in funzione dell'elevazione, sono riassunti in Tabella 13, per le tre geometrie analizzate per il progetto originario e per le variante "tipo d" / "tipo f" e tipo "g". Resta confermata la conclusione che la variante tipo d apporta qualche beneficio in termini di valori picco-valle ma è praticamente influente in termini di deviazione standard (RMS1). Per tale ragione si omettono i risultati ottenuti con tale variante per i successivi pannelli Sud ed Est-Ovest. Tali risultati, così come quelli relativi alle varianti "tipo b" e "tipo c" sono comunque disponibili e verranno forniti su richiesta.

Normalmente i valori riportati in tabella si riferiscono alla deformata totale del pannello. I valori evidenziati da un asterisco (in tabella e nelle figure seguenti) invece sono stati valutati depurando la deformata dalla deformata del pannello valutata per una elevazione del paraboloide di 90° (Zenith pointing).

| Elevazione [gradi] | geometria | Un medio [μm] | Un min. [μm] | Un max [μm] | PtoV [μm] | RMS1 [μm] | RMS2 [μm] |
|--------------------|------------|---------------|--------------|-------------|-----------|-----------|-----------|
| 0° | geo0_a/b/c | 100 | -21 | 161 | 182 | 34 | 106 |
| | geo0_d | 94 | -18 | 157 | 175 | 36 | 101 |
| | geo0_f/g | 83 | -16 | 141 | 157 | 32 | 89 |
| | geo0_f*/g* | 191 | -37 | 315 | 352 | 73 | 204 |
| | geo1_a | 175 | 6 | 255 | 249 | 49 | 181 |
| | geo1_d | 131 | -3 | 212 | 215 | 49 | 140 |
| | geo1_f/g | 106 | -32 | 180 | 212 | 44 | 115 |
| | geo1_f*/g* | 243 | -48 | 409 | 457 | 101 | 263 |
| | geo2_a | 200 | 31 | 281 | 250 | 49 | 206 |
| | geo2_d | 155 | 17 | 234 | 219 | 48 | 163 |
| | geo2_f/g | 118 | -28 | 191 | 220 | 44 | 126 |
| | geo2_f*/g* | 258 | -48 | 424 | 472 | 102 | 277 |
| 15° | geo0_a/b/c | 63 | -14 | 104 | 118 | 22 | 66 |
| | geo0_d | 59 | -12 | 102 | 114 | 23 | 64 |
| | geo0_f/g | 52 | -11 | 93 | 104 | 21 | 56 |
| | geo0_f*/g* | 160 | -31 | 265 | 296 | 61 | 171 |
| | geo1_a | 128 | 21 | 181 | 160 | 30 | 132 |
| | geo1_d | 88 | 2 | 141 | 139 | 30 | 93 |
| | geo1_f/g | 67 | -27 | 116 | 143 | 28 | 73 |
| | geo1_f*/g* | 204 | -43 | 343 | 385 | 84 | 221 |
| | geo2_a | 153 | 45 | 205 | 160 | 30 | 155 |
| | geo2_d | 112 | 23 | 165 | 142 | 30 | 116 |
| | geo2_f/g | 78 | -28 | 126 | 149 | 29 | 84 |
| | geo2_f*/g* | 217 | -42 | 257 | 299 | 85 | 234 |

| | | | | | | | |
|-----|------------|------|------|-----|-----|----|-----|
| 30° | geo0_a/b/c | 21 | -7 | 44 | 50 | 9 | 23 |
| | geo0_d | 21 | -6 | 43 | 49 | 9 | 23 |
| | geo0_f/g | 18 | -5 | 40 | 45 | 9 | 20 |
| | geo0_f*/g* | 126 | -24 | 209 | 233 | 48 | 135 |
| | geo1_a | 73 | 33 | 96 | 63 | 11 | 74 |
| | geo1_d | 39 | 4 | 63 | 59 | 11 | 40 |
| | geo1_f/g | 23 | -23 | 45 | 68 | 12 | 26 |
| | geo1_f*/g* | 160 | -36 | 270 | 306 | 66 | 174 |
| | geo2_a | 94 | 56 | 117 | 61 | 10 | 95 |
| | geo2_d | 61 | 28 | 85 | 58 | 11 | 62 |
| | geo2_f/g | 33 | -21 | 55 | 76 | 16 | 36 |
| | geo2_f*/g* | 172 | -34 | 281 | 316 | 67 | 185 |
| 45° | geo0_a/b/c | -22 | -38 | 9 | 47 | 9 | 23 |
| | geo0_d | -20 | -37 | 8 | 45 | 9 | 22 |
| | geo0_f/g | -17 | -33 | 8 | 41 | 8 | 20 |
| | geo0_f*/g* | 90 | -17 | 150 | 167 | 35 | 97 |
| | geo1_a | 12 | -9 | 59 | 68 | 13 | 18 |
| | geo1_d | -13 | -34 | 28 | 62 | 12 | 18 |
| | geo1_f/g | -22 | -41 | 27 | 68 | 13 | 26 |
| | geo1_f*/g* | 115 | -28 | 194 | 221 | 48 | 125 |
| | geo2_a | 30 | 8 | 80 | 72 | 13 | 33 |
| | geo2_d | 6 | -16 | 47 | 63 | 13 | 14 |
| | geo2_f/g | -15 | -36 | 47 | 83 | 18 | 23 |
| | geo2_f*/g* | 124 | -26 | 203 | 229 | 48 | 133 |
| 60° | geo0_a/b/c | -63 | -100 | 18 | 119 | 22 | 67 |
| | geo0_d | -59 | -97 | 9 | 106 | 22 | 63 |
| | geo0_f/g | -52 | -87 | 12 | 98 | 20 | 55 |
| | geo0_f*/g* | 56 | -11 | 94 | 104 | 21 | 60 |
| | geo1_a | -50 | -101 | 61 | 162 | 33 | 59 |
| | geo1_d | -63 | -114 | 21 | 135 | 32 | 71 |
| | geo1_f/g | -66 | -113 | 20 | 132 | 29 | 72 |
| | geo1_f*/g* | 71 | -18 | 120 | 139 | 29 | 77 |
| | geo2_a | -37 | -89 | 78 | 167 | 33 | 50 |
| | geo2_d | -50 | -101 | 36 | 138 | 32 | 59 |
| | geo2_f/g | -61 | -110 | 37 | 147 | 32 | 69 |
| | geo2_f*/g* | 78 | -17 | 127 | 143 | 30 | 83 |
| 75° | geo0_a/b/c | -100 | -157 | 27 | 184 | 34 | 106 |

| | | | | | | | |
|-----|------------|------|------|----|-----|----|-----|
| | geo0_d | -93 | -152 | 14 | 167 | 35 | 100 |
| | geo0_f/g | -82 | -136 | 18 | 154 | 31 | 88 |
| | geo0_f*/g* | 25 | -5 | 42 | 47 | 10 | 27 |
| | geo1_a | -107 | -187 | 60 | 247 | 51 | 118 |
| | geo1_d | -110 | -189 | 22 | 231 | 50 | 121 |
| | geo1_f/g | -105 | -177 | 21 | 198 | 45 | 114 |
| | geo1_f*/g* | 32 | -9 | 51 | 63 | 13 | 35 |
| | geo2_a | -101 | -181 | 71 | 252 | 51 | 113 |
| | geo2_d | -102 | -181 | 31 | 212 | 50 | 114 |
| | geo2_f/g | -104 | -178 | 33 | 211 | 47 | 114 |
| | geo2_f*/g* | 35 | -8 | 57 | 65 | 13 | 38 |
| 90° | geo0_a/b/c | -130 | -204 | 34 | 138 | 44 | 138 |
| | geo0_d | -122 | -198 | 19 | 218 | 46 | 130 |
| | geo0_f/g | -108 | -177 | 22 | 199 | 41 | 115 |
| | geo0_f*/g* | 0. | 0. | 0. | 0. | 0. | 0. |
| | geo1_a | -158 | -260 | 59 | 320 | 66 | 171 |
| | geo1_d | -149 | -251 | 22 | 273 | 65 | 162 |
| | geo1_f/g | -137 | -231 | 21 | 252 | 58 | 149 |
| | geo1_f*/g* | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | geo2_a | -158 | -261 | 60 | 321 | 66 | 171 |
| | geo2_d | -147 | -250 | 26 | 275 | 65 | 161 |
| | geo2_f/g | -139 | -235 | 27 | 261 | 59 | 151 |
| | geo2_f*/g* | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Tabella 13 – Pannello Nord - Parametri di deformabilità in funzione dell'elevazione

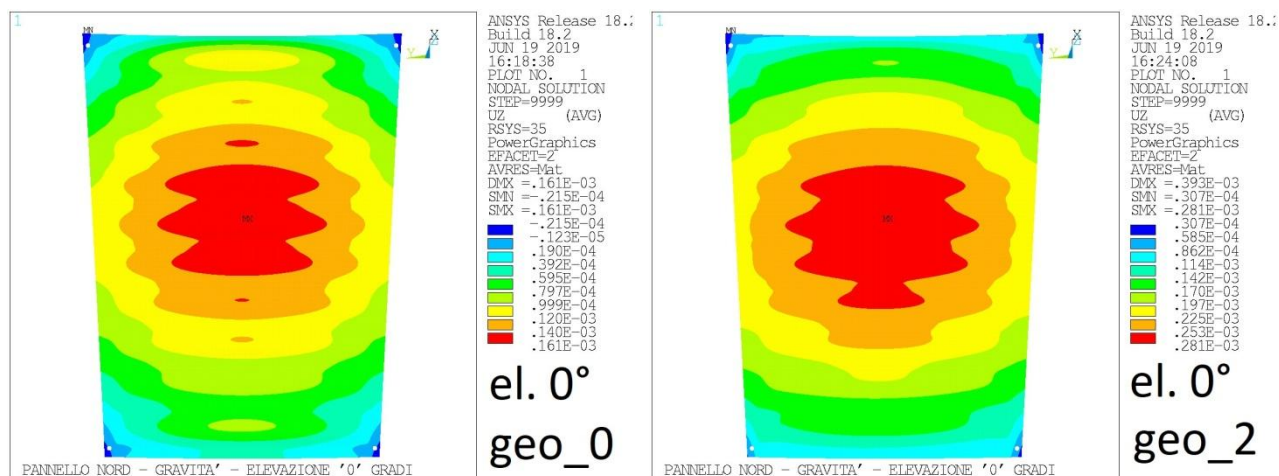


Figura 6-51– Pannello Nord componente Un deformata da gravità ad elevazione 0° - geo0_a(SX) geo2_a(DX)

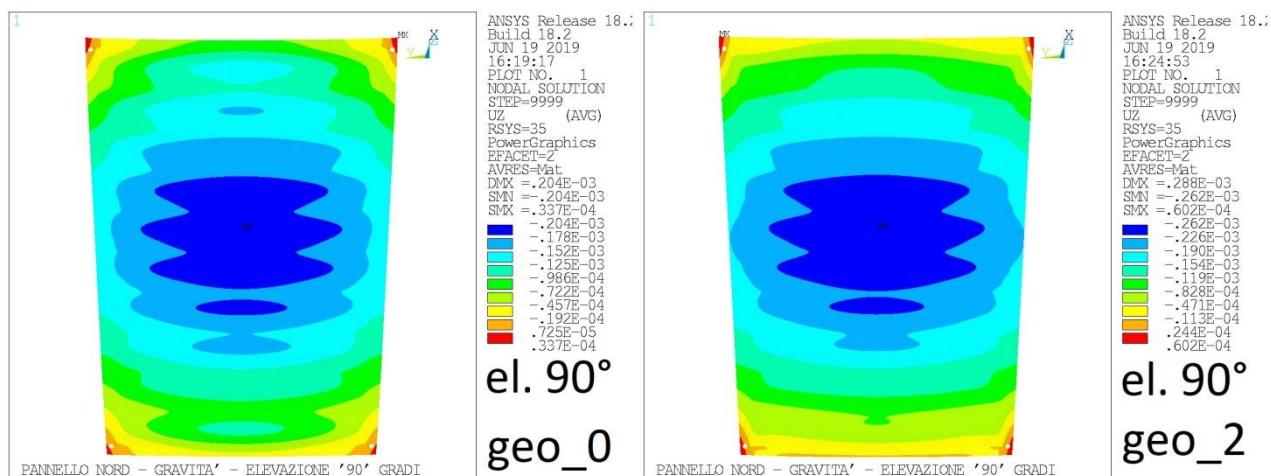


Figura 6-52– Pannello Nord componente Un deformata da gravità ad elevazione 90° - geo0_a(SX) geo2_a(DX)

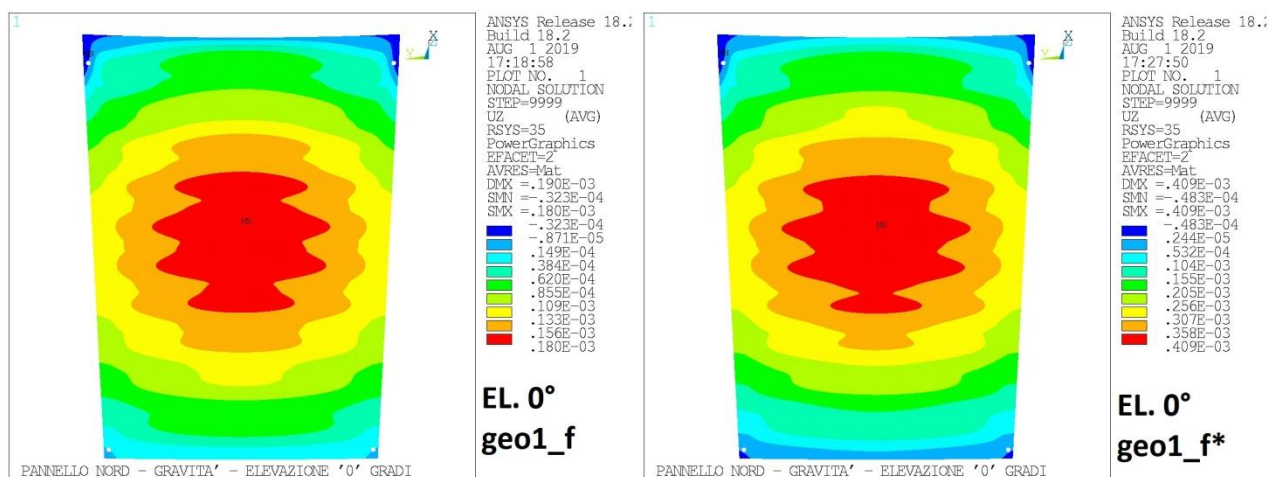


Figura 6-53– Pannello Nord componente Un deformata da gravità ad elevazione 0° - geo1_f(SX) vs. geo1_f*(DX)

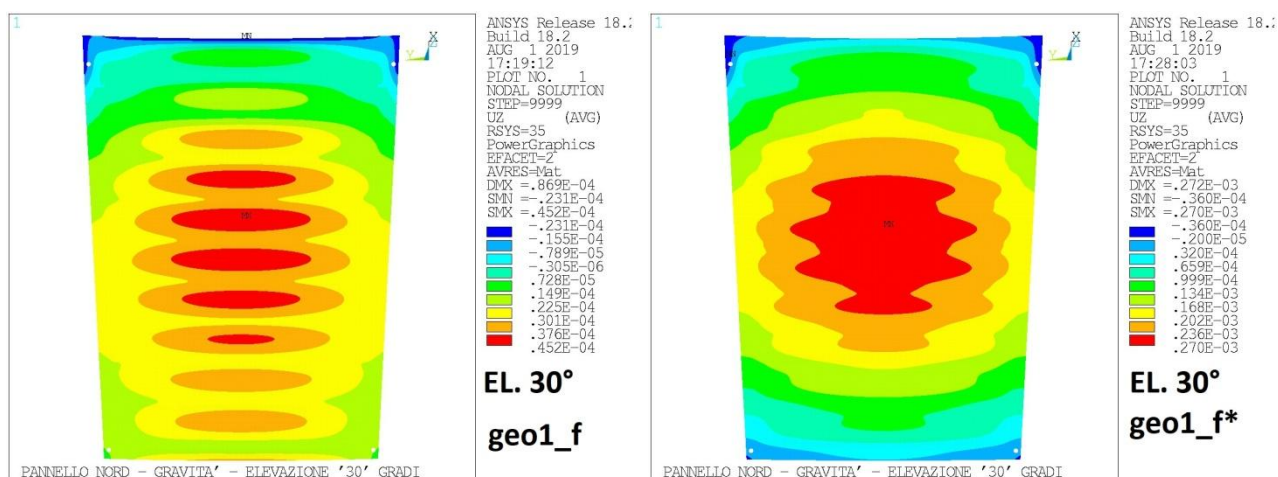


Figura 6-54– Pannello Nord componente Un deformata da gravità ad elevazione 30° - geo1_f(SX) vs. geo1_f*(DX)

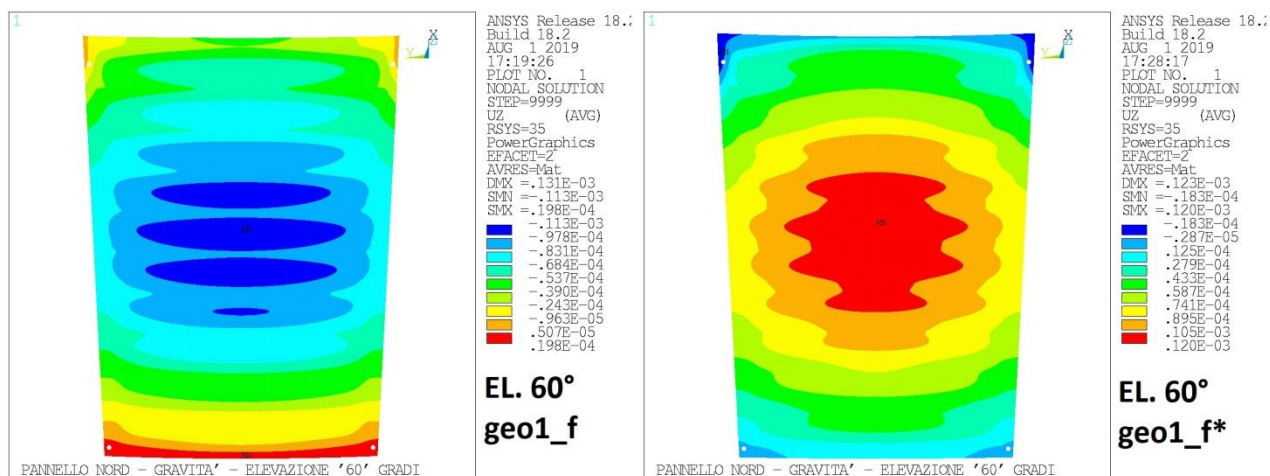


Figura 6-55– Pannello Nord componente Un deformata da gravità ad elevazione 60° - geo1_f(SX) vs. geo1_f*(DX)

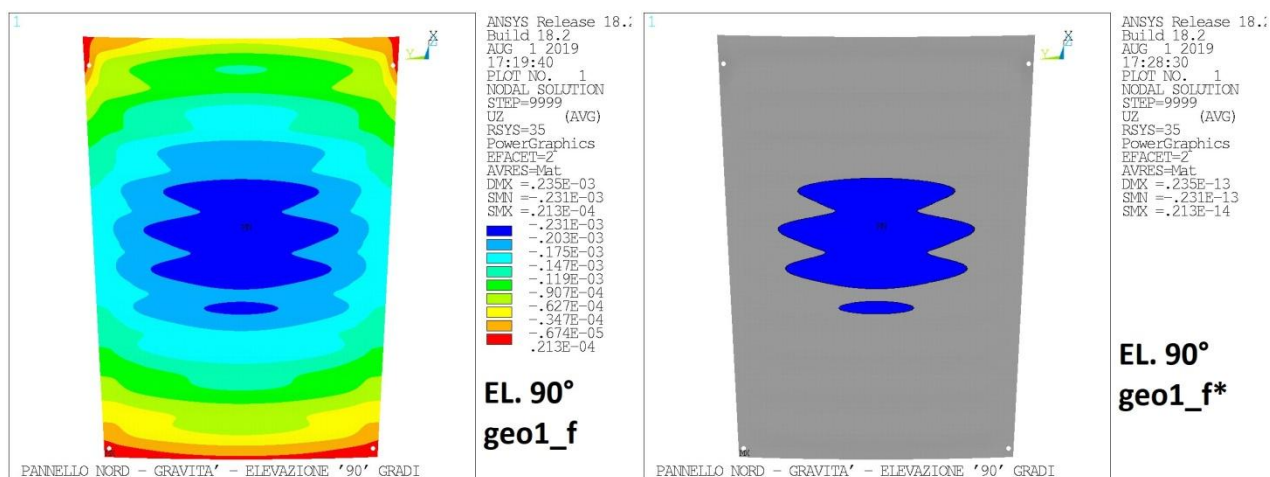


Figura 6-56– Pannello Nord componente Un deformata da gravità ad elevazione 90° - geo1_f(SX) vs. geo1_f*(DX)

6.2.1.4. Pannello Sud – Deformata in funzione dell'angolo di elevazione

I parametri di deformabilità del pannello Sud (V. Figura 5-22) in funzione dell'elevazione, sono riassunti in Tabella 14, per le tre geometrie analizzate nella geometria del progetto base (varianti "tipo a", "tipo f" e tipo "g"). Come già fatto per il pannello Nord I valori evidenziati da un asterisco (in tabella e nelle figure seguenti) sono stati valutati depurando la deformata dalla deformata del pannello valutata per una elevazione del paraboloide di 90°(Zenith pointing)

| Elevazione [gradi] | geometria | Un medio [μm] | Un min. [μm] | Un max [μm] | PtoV [μm] | RMS1 [μm] | RMS2 [μm] |
|--------------------|------------|---------------|--------------|-------------|-----------|-----------|-----------|
| 0° | geo0_a | -100 | -161 | 21 | 182 | 34 | 106 |
| | geo0_f/g | -83 | -141 | 16 | 157 | 32 | 89 |
| | geo0_f*/g* | 25 | -11 | 47 | 58 | 11 | 27 |
| | geo1_a | -175 | -255 | -6 | 249 | 49 | 182 |
| | geo1_f/g | -106 | -180 | 32 | 212 | 44 | 115 |
| | geo1_f*/g* | 31 | -38 | 58 | 96 | 19 | 36 |
| | geo2_a | -200 | -281 | -31 | 250 | 49 | 206 |
| | geo2_f/g | -118 | -191 | 28 | 220 | 44 | 126 |
| | geo2_f*/g* | 21 | -66 | 51 | 117 | 25 | 33 |
| 15° | geo0_a | -130 | -207 | 29 | 236 | 45 | 137 |
| | geo0_f/g | -108 | -181 | 20 | 201 | 41 | 116 |
| | geo0_f*/g* | -1 | -20 | 17 | 37 | 6 | 6 |
| | geo1_a | -210 | -313 | 9 | 322 | 64 | 219 |
| | geo1_f/g | -138 | -232 | 35 | 368 | 57 | 149 |
| | geo1_f*/g* | -1 | -37 | 35 | 72 | 10 | 10 |
| | geo2_a | -234 | -338 | -14 | 324 | 64 | 243 |
| | geo2_f/g | -150 | -245 | 33 | 277 | 57 | 161 |
| | geo2_f*/g* | -11 | -62 | 33 | 95 | 17 | 20 |
| 30° | geo0_a | -152 | -240 | 35 | 275 | 52 | 160 |
| | geo0_f/g | -126 | -209 | 24 | 233 | 48 | 135 |
| | geo0_f*/g* | -18 | -40 | 5 | 45 | 9 | 20 |
| | geo1_a | -230 | -350 | 24 | 374 | 75 | 242 |
| | geo1_f/g | -160 | -270 | 36 | 306 | 66 | 174 |
| | geo1_f*/g* | -23 | -45 | 23 | 68 | 12 | 26 |
| | geo2_a | -252 | -372 | 4 | 376 | 75 | 263 |
| | geo2_f/g | -172 | -281 | 34 | 316 | 67 | 185 |
| | geo2_f*/g* | -33 | -55 | 21 | 76 | 16 | 36 |

| | | | | | | | |
|-----|------------|------|------|----|-----|----|-----|
| 45° | geo0_a | -163 | -256 | 39 | 295 | 55 | 172 |
| | geo0_f/g | -135 | -223 | 26 | 249 | 51 | 144 |
| | geo0_f*/g* | -27 | -51 | 6 | 57 | 11 | 30 |
| | geo1_a | -235 | -363 | 38 | 401 | 81 | 249 |
| | geo1_f/g | -172 | -289 | 34 | 323 | 71 | 186 |
| | geo1_f*/g* | -34 | -62 | 18 | 80 | 15 | 38 |
| | geo2_a | -253 | -382 | 21 | 403 | 81 | 266 |
| | geo2_f/g | -182 | -300 | 34 | 334 | 72 | 196 |
| | geo2_f*/g* | -43 | -70 | 15 | 85 | 17 | 46 |
| 60° | geo0_a | -163 | -256 | 40 | 296 | 55 | 172 |
| | geo0_f/g | -135 | -222 | 26 | 249 | 51 | 144 |
| | geo0_f*/g* | -27 | -48 | 6 | 54 | 11 | 29 |
| | geo1_a | -224 | -352 | 48 | 400 | 81 | 238 |
| | geo1_f/g | -172 | -288 | 30 | 318 | 71 | 186 |
| | geo1_f*/g* | -35 | -60 | 14 | 74 | 14 | 38 |
| | geo2_a | -237 | -366 | 37 | 402 | 81 | 251 |
| | geo2_f/g | -180 | -300 | 31 | 329 | 72 | 194 |
| | geo2_f*/g* | -41 | -65 | 12 | 77 | 15 | 43 |
| 75° | geo0_a | -152 | -238 | 38 | 276 | 52 | 160 |
| | geo0_f/g | -125 | -207 | 25 | 232 | 48 | 134 |
| | geo0_f*/g* | -18 | -31 | 4 | 34 | 7 | 19 |
| | geo1_a | -198 | -317 | 56 | 373 | 76 | 212 |
| | geo1_f/g | -160 | -269 | 24 | 293 | 67 | 173 |
| | geo1_f*/g* | -23 | -39 | 8 | 47 | 9 | 25 |
| | geo2_a | -204 | -324 | 50 | 375 | 76 | 218 |
| | geo2_f/g | -165 | -275 | 26 | 302 | 68 | 179 |
| | geo2_f*/g* | -26 | -42 | 7 | 48 | 10 | 28 |

| | | | | | | | |
|-----|------------|------|------|----|-----|----|-----|
| 90° | geo0_a | -130 | -204 | 33 | 238 | 44 | 138 |
| | geo0_f/g | -108 | -177 | 22 | 199 | 41 | 115 |
| | geo0_f*/g* | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | geo1_a | -158 | -261 | 59 | 320 | 66 | 171 |
| | geo1_f/g | -137 | -231 | 21 | 252 | 58 | 149 |
| | geo1_f*/g* | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | geo2_a | -158 | -262 | 60 | 322 | 66 | 171 |
| | geo2_f/g | -139 | -235 | 27 | 261 | 59 | 151 |
| | geo2_f*/g* | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Tabella 14 – Pannello Sud - Parametri di deformabilità in funzione dell'elevazione

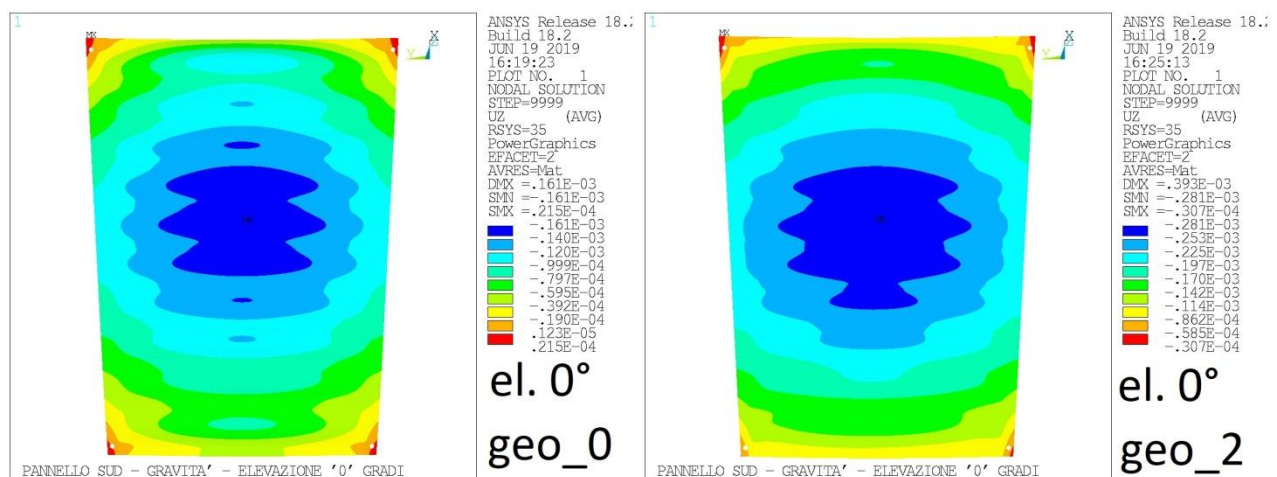


Figura 6-57– Pannello Sud componente Un deformata da gravità ad elevazione 0° - geo0_a(SX) geo2_a(DX)

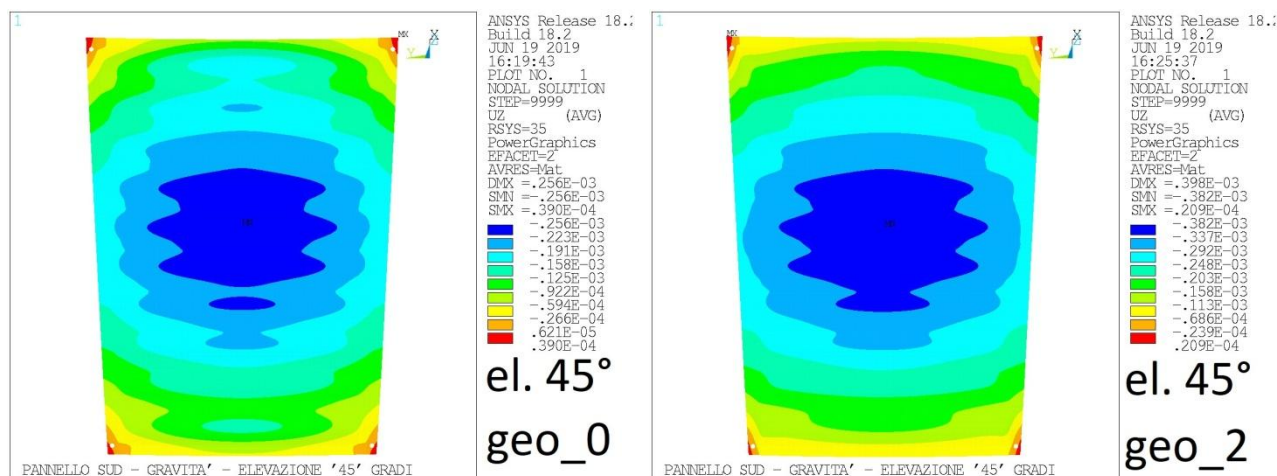


Figura 6-58– Pannello Sud componente Un deformata da gravità ad elevazione 45° - geo0_a(SX) geo2_a(DX)

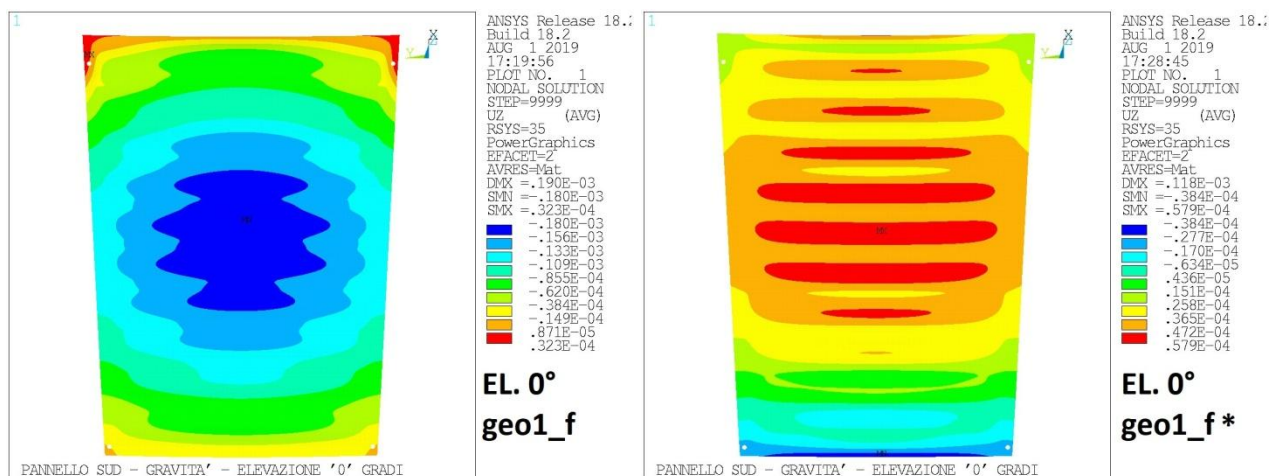


Figura 6-59– Pannello Sud componente Un deformata da gravità ad elevazione 0° - geo1_f(SX) vs. geo1_f*(DX)

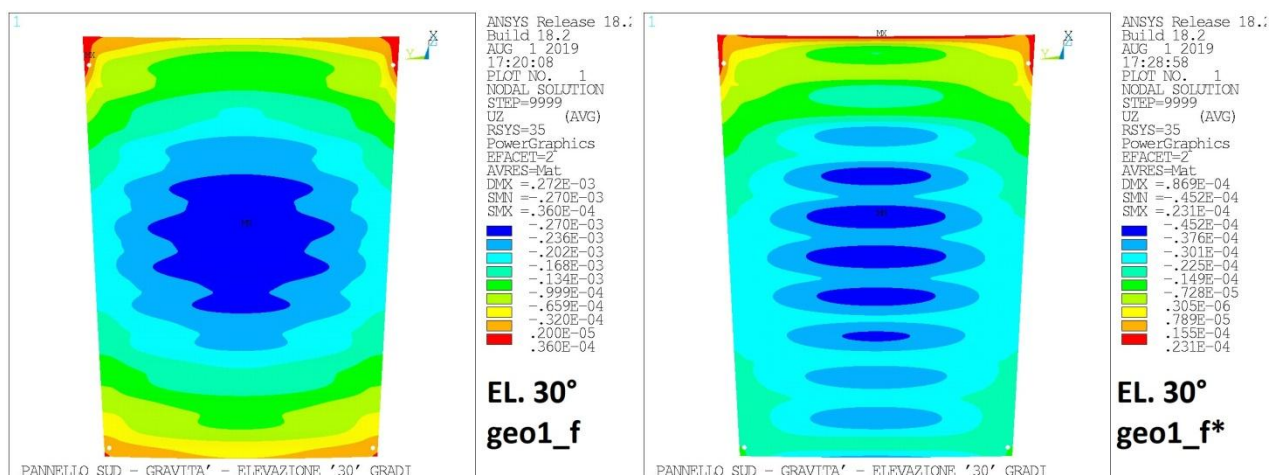


Figura 6-60– Pannello Sud componente Un deformata da gravità ad elevazione 30° - geo1_f(SX) vs. geo1_f*(DX)

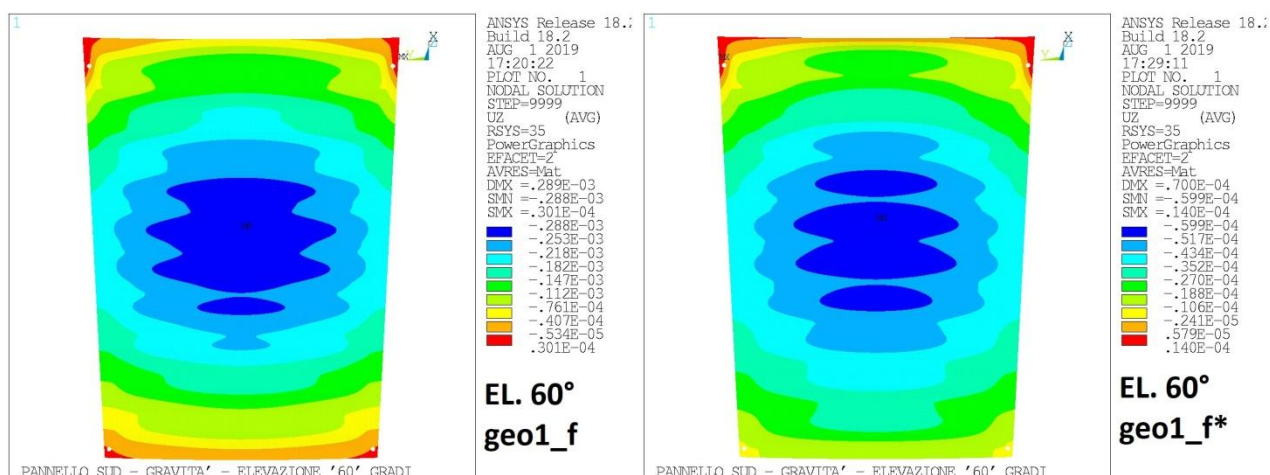


Figura 6-61– Pannello Sud componente Un deformata da gravità ad elevazione 60° - geo1_f(SX) vs. geo1_f*(DX)

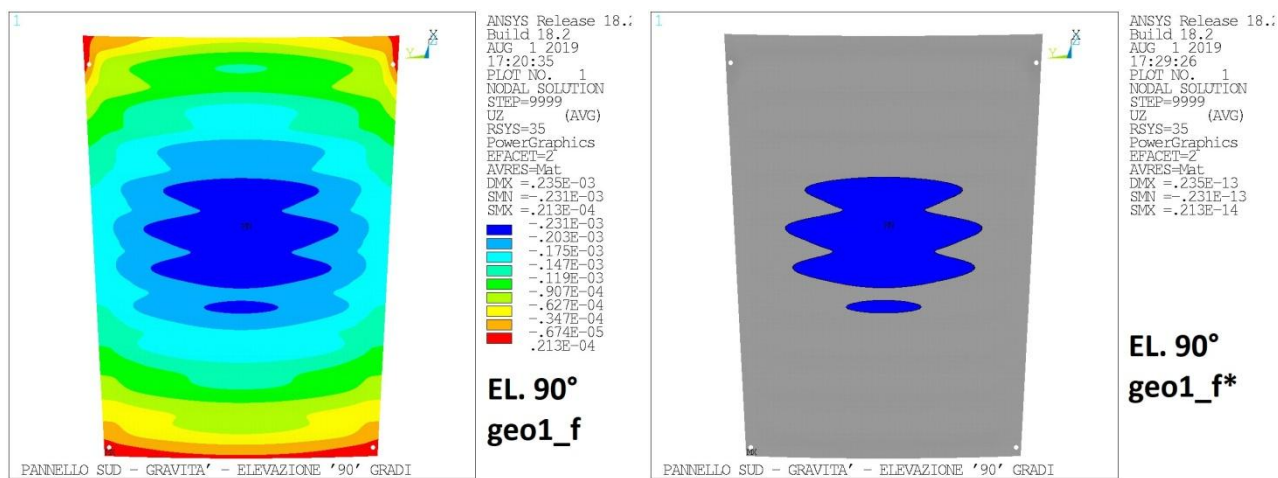


Figura 6-62– Pannello Sud componente Un deformata da gravità ad elevazione 90° - geo1_f(SX) vs. geo1_f*(DX)

6.2.1.5. Pannelli Est-Ovest – Deformata in funzione dell'angolo di elevazione

I parametri di deformabilità dei pannelli Est-Ovest (V. Figura 5-22) in funzione dell'elevazione, sono riassunti in Tabella 15, per le tre geometrie analizzate nella geometria del progetto base variante “tipo a” e varianti “tipo f/g” e “tipo f*/g*”).

| Elevazione [gradi] | geometria | Un medio [μm] | Un min. [μm] | Un max [μm] | PtoV [μm] | RMS1 [μm] | RMS2 [μm] |
|-----------------------|------------|------------------|-----------------|----------------|--------------|--------------|--------------|
| 0° | geo0_a | 0 | -31 | 31 | 62 | 13 | 13 |
| | geo0_f/g | 0 | -25 | 25 | 50 | 9 | 9 |
| | geo0_f*/g* | 108 | -34 | 179 | 213 | 42 | 115 |
| | geo1_a | 0 | -70 | 70 | 140 | 35 | 35 |
| | geo1_f/g | 0 | -42 | 42 | 85 | 19 | 19 |
| | geo1_f*/g* | 137 | -25 | 238 | 263 | 61 | 150 |
| | geo2_a | 36 | -190 | 199 | 388 | 83 | 90 |
| | geo2_f | 10 | -99 | 140 | 239 | 53 | 53 |
| | geo2_g | 6 | -108 | 140 | 248 | 54 | 55 |
| | geo2_f* | 149 | -121 | 290 | 412 | 89 | 174 |
| | geo2_g* | 145 | -134 | 289 | 423 | 91 | 71 |
| 15° | geo0_a | -34 | -64 | 27 | 90 | 17 | 38 |
| | geo0_f/g | -28 | -51 | 18 | 70 | 13 | 31 |
| | geo0_f*/g* | 80 | -28 | 133 | 161 | 31 | 86 |
| | geo1_a | -41 | -116 | 49 | 166 | 38 | 55 |
| | geo1_f/g | -36 | -82 | 21 | 104 | 24 | 43 |
| | geo1_f*/g* | 102 | -23 | 180 | 203 | 47 | 112 |
| | geo2_a | -6 | -171 | 179 | 350 | 79 | 79 |
| | geo2_f | -26 | -111 | 115 | 227 | 48 | 55 |
| | geo2_g | -30 | -121 | 116 | 237 | 54 | 55 |
| | geo2_f* | 113 | -112 | 235 | 346 | 75 | 136 |
| | geo2_g* | 109 | -124 | 234 | 358 | 77 | 133 |
| 30° | geo0_a | -65 | -107 | 33 | 140 | 25 | 70 |
| | geo0_f/g | -54 | -97 | 22 | 113 | 22 | 58 |
| | geo0_f*/g* | 54 | -22 | 91 | 113 | 22 | 58 |
| | geo1_a | -79 | -157 | 40 | 196 | 45 | 91 |
| | geo1_f/g | -69 | -126 | 20 | 146 | 33 | 76 |
| | geo1_f*/g* | 69 | -20 | 126 | 146 | 33 | 76 |
| | geo2_a | -48 | -185 | 157 | 342 | 74 | 88 |
| | geo2_f | -61 | -142 | 85 | 227 | 46 | 76 |
| | geo2_g | -64 | -150 | 86 | 236 | 51 | 59 |
| | geo2_f* | 78 | -96 | 179 | 275 | 60 | 99 |
| | geo2_g* | 75 | -107 | 180 | 286 | 62 | 97 |

| | | | | | | | |
|-----|------------|------|------|-----|-----|----|-----|
| 45° | geo0_a | -92 | -147 | 37 | 184 | 33 | 98 |
| | geo0_f/g | -76 | -126 | 24 | 150 | 29 | 82 |
| | geo0_f*/g* | 32 | -16 | 54 | 70 | 13 | 34 |
| | geo1_a | -111 | -197 | 47 | 245 | 53 | 123 |
| | geo1_f/g | -97 | -168 | 18 | 186 | 46 | 106 |
| | geo1_f*/g* | 40 | -16 | 79 | 95 | 22 | 46 |
| | geo2_a | -86 | -207 | 124 | 331 | 69 | 110 |
| | geo2_f | -91 | -171 | 64 | 235 | 47 | 103 |
| | geo2_g | -94 | 176 | 64 | 241 | 49 | 106 |
| | geo2_f* | 48 | -75 | 127 | 203 | 45 | 65 |
| | geo2_g* | 45 | -84 | 128 | 212 | 46 | 64 |
| 60° | geo0_a | -113 | -178 | 38 | 216 | 39 | 119 |
| | geo0_f/g | -93 | -154 | 25 | 179 | 36 | 100 |
| | geo0_f*/g* | 14 | -10 | 26 | 36 | 7 | 16 |
| | geo1_a | -137 | -231 | 55 | 286 | 59 | 149 |
| | geo1_f/g | -119 | -202 | 19 | 221 | 51 | 129 |
| | geo1_f*/g* | 18 | -11 | 43 | 54 | 12 | 22 |
| | geo2_a | -119 | -225 | 83 | 308 | 65 | 135 |
| | geo2_f | -116 | -199 | 45 | 244 | 51 | 126 |
| | geo2_g | -118 | 203 | 45 | 247 | 51 | 128 |
| | geo2_f* | 24 | -51 | 80 | 131 | 29 | 37 |
| | geo2_g* | 22 | -57 | 80 | 138 | 30 | 37 |
| 75° | geo0_a | -125 | 198 | 37 | 235 | 43 | 133 |
| | geo0_f/g | -104 | -171 | 24 | 195 | 39 | 111 |
| | geo0_f*/g* | 4 | -5 | 9 | 14 | 3 | 5 |
| | geo1_a | -152 | -253 | 59 | 312 | 64 | 165 |
| | geo1_f/g | -133 | -223 | 21 | 244 | 56 | 144 |
| | geo1_f*/g* | 5 | -8 | 16 | 24 | 5 | 7 |
| | geo2_a | -143 | -245 | 67 | 312 | 64 | 157 |
| | geo2_f | -132 | -222 | 30 | 252 | 55 | 143 |
| | geo2_g | -133 | -223 | 31 | 254 | 55 | 144 |
| | geo2_f* | 7 | -26 | 39 | 64 | 14 | 16 |
| | geo2_g* | 6 | -29 | 39 | 68 | 15 | 16 |

| | | | | | | | |
|-----|------------|------|------|----|-----|----|-----|
| 90° | geo0_a | -130 | -204 | 34 | 238 | 44 | 138 |
| | geo0_f/g | -108 | -177 | 22 | 199 | 41 | 115 |
| | geo0_f*/g* | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | geo1_a | -158 | -260 | 59 | 320 | 66 | 171 |
| | geo1_f/g | -137 | -231 | 21 | 252 | 58 | 149 |
| | geo1_f*/g* | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | geo2_a | -158 | -262 | 60 | 322 | 66 | 171 |
| | geo2_f | -139 | -234 | 31 | 261 | 59 | 151 |
| | geo2_g | -139 | -234 | 31 | 261 | 59 | 151 |
| | geo2_f* | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | geo2_g* | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Tabella 15 – Pannelli Est-Ovest - Parametri di deformabilità in funzione dell'elevazione

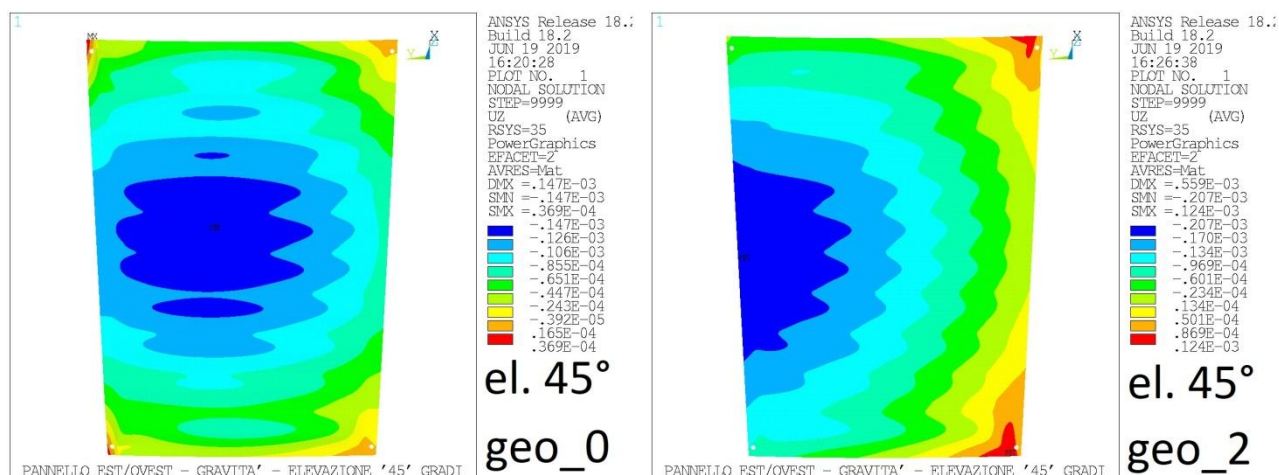


Figura 6-63– Pannelli Est-Ovest componente Un deformata da gravità ad elevazione 45° - geo0_a(SX) geo2_a(DX)

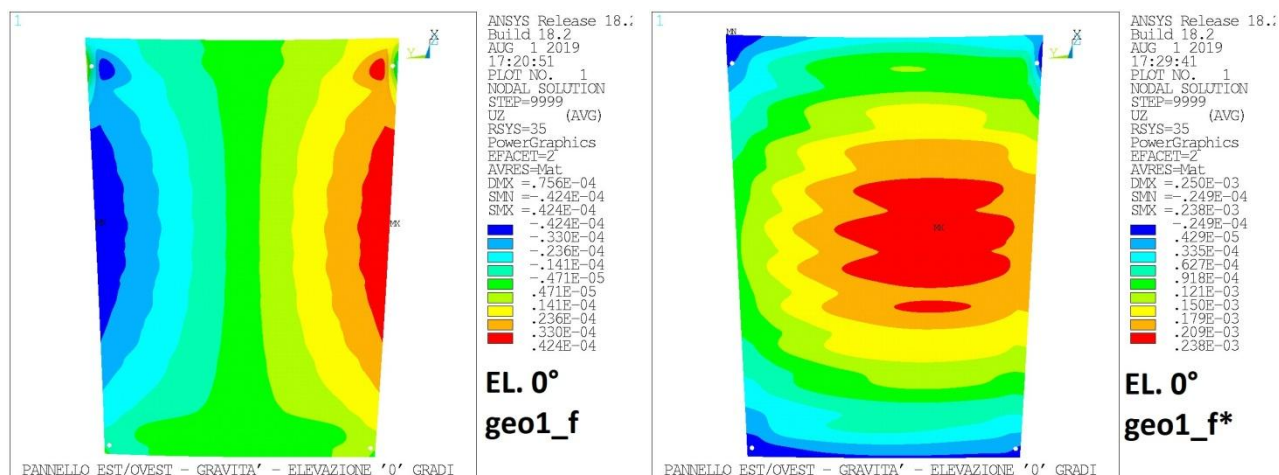


Figura 6-64– Pannelli Est-Ovest componente Un deformata da gravità ad elevazione 0° - geo1_f(SX) vs. geo1_f*(DX)

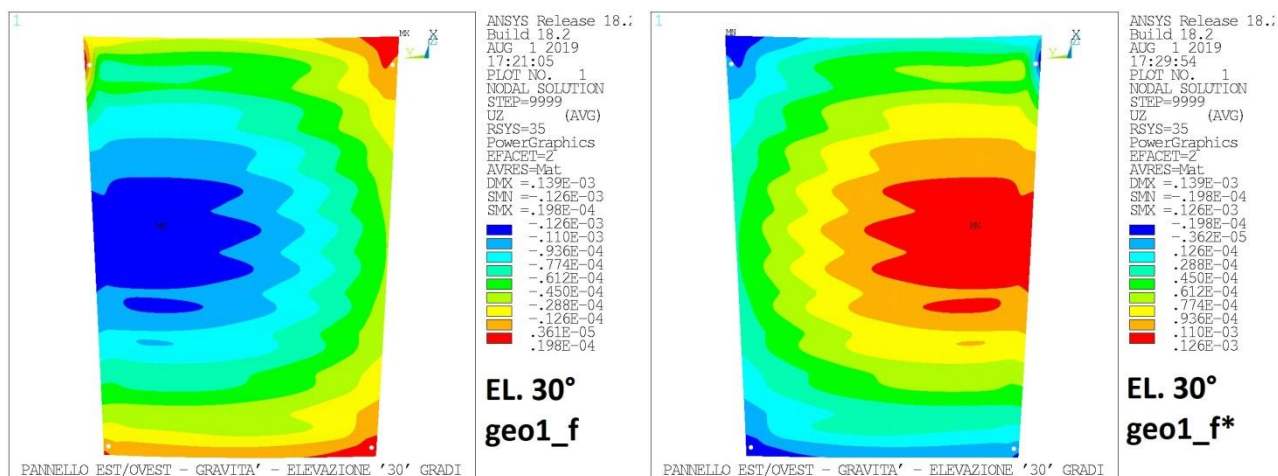


Figura 6-65– Pannelli Est-Ovest componente Un deformata da gravità ad elevazione 30° - geo1_f(SX) vs. geo1_f*(DX)

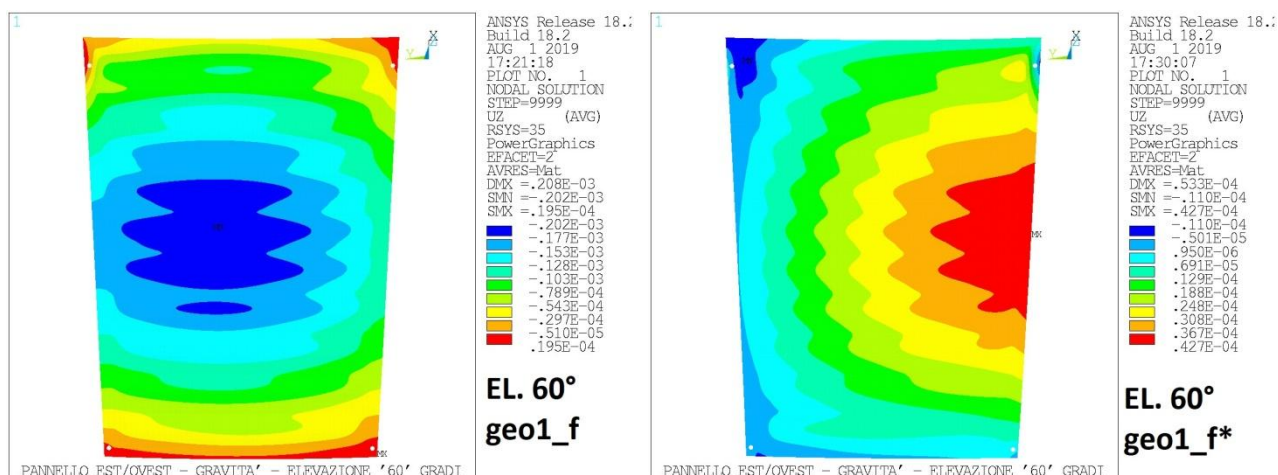


Figura 6-66– Pannelli Est-Ovest componente Un deformata da gravità ad elevazione 60° - geo1_f(SX) vs. geo1_f*(DX)

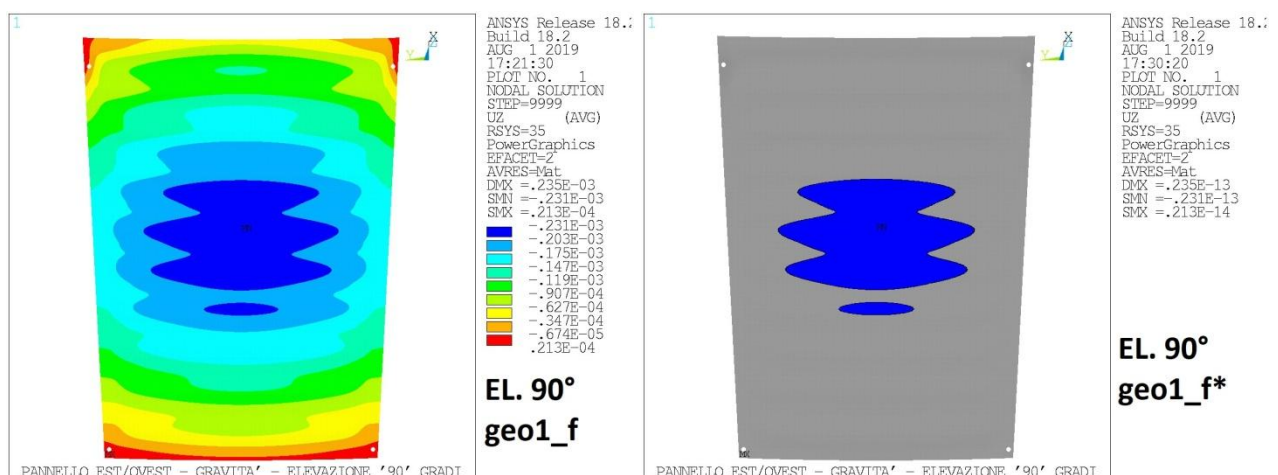


Figura 6-67– Pannelli Est-Ovest componente Un deformata da gravità ad elevazione 90° - geo1_f(SX) vs. geo1_f*(DX)

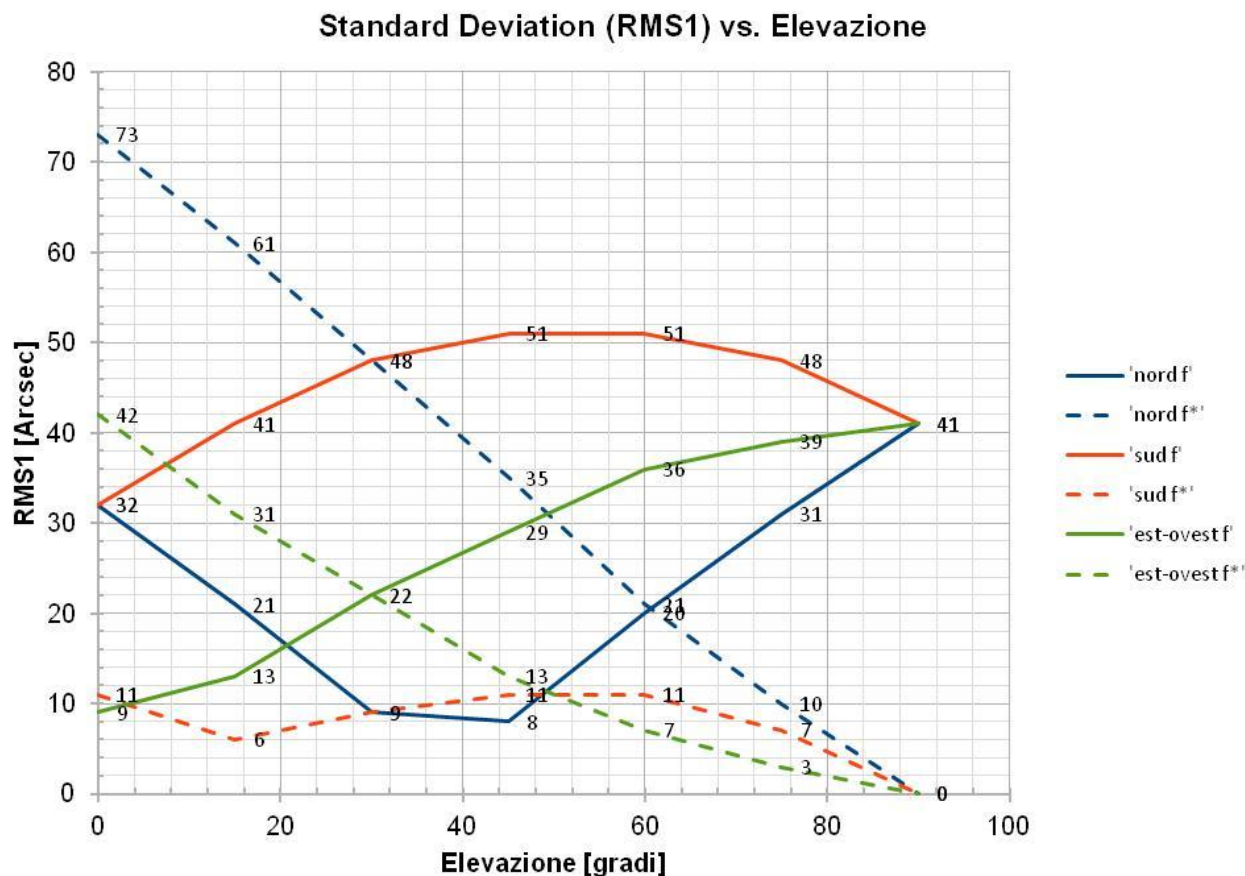


Figura 6-68– RMS1 dei tre pannelli analizzati in funzione dell'angolo di elevazione. Confronto tra configurazioni f / f*

In Figura è riportato l'andamento del parametro RMS1 in funzione dell'angolo di elevazione per i tre pannelli Nord / Sud / Est-Ovest e per le due configurazioni f ed f*, i valori si riferiscono alle configurazioni "geo0". Se ne deriva che:

Per il pannello Nord la configurazione f* è favorevole nel range di elevazione tra 60° e 90°.

Per il pannello Sud la configurazione f* è sempre favorevole.

Per i pannelli Est/Ovest la configurazione f* è favorevole nel range di elevazione tra 30° e 90°.

6.2.2. Sforzi massimi nel pannello ("skin" e profili a Z)

I valori di sforzo massimo nel pannello indotti dalla gravità si verificano nelle zone di "skin" in prossimità degli attacchi degli spezzoni in quanto:

- la geometria di connessione degli spezzoni è tale da generare azioni flessionali locali in corrispondenza degli attacchi del pannello;
- gli elementi irrigidenti (Z radiali e Z tangenti) non sono direttamente connessi e la mutua trasmissione degli sforzi delle piattabande superiori avviene solo attraverso la pelle della superficie ottica.

Gli sforzi massimi indotti dalla sola gravità si verificano con la geometria geo_2, nei pannelli Est-Ovest ad elevazione 0°, ai vertici V1 e V2 ossia in corrispondenza degli attacchi sulla centina reticolare A48. Infatti gli spezzoni sul lato connesso alla falsa centina (vertici V3 e V4) sono impegnati da azioni di taglio molto minori in quanto la deformabilità dei piatti di nodo "sfugge" alla trasmissione dei carichi in caso di gravità laterale.

In Figura 6-69 si riporta il picco di sforzo nella skin del pannello in corrispondenza del vertice V1 nella configurazione geo2_a (progetto originario) nel caso di gravità laterale, è evidente il flusso degli sforzi generato dalla trasmissione del carico dalla Z tangente alla pelle del pannello e quindi al vincolo (testa dello spezzone).

Il valore di picco dello sforzo puntuale (43MPa) ha scarso significato fisico in quanto ci troviamo in corrispondenza ad una singolarità geometrica. Tuttavia è evidente una zona ove gli sforzi sono dell'ordine di 30MPa, un valore non trascurabile se consideriamo che il solo carico agente è costituito dalla gravità.

L'aggiunta di costole ai quattro vertici (variante tipo d) diminuisce l'entità dei picchi di sforzo. In Figura 6-69 è riportato il picco massimo nella pelle del pannello che nella variante tipo d, esso si verifica sempre per gravità laterale, in corrispondenza al vertice V2. Il valore di picco, che ripetiamo essere scarsamente significativo, vale ora 15MPa.

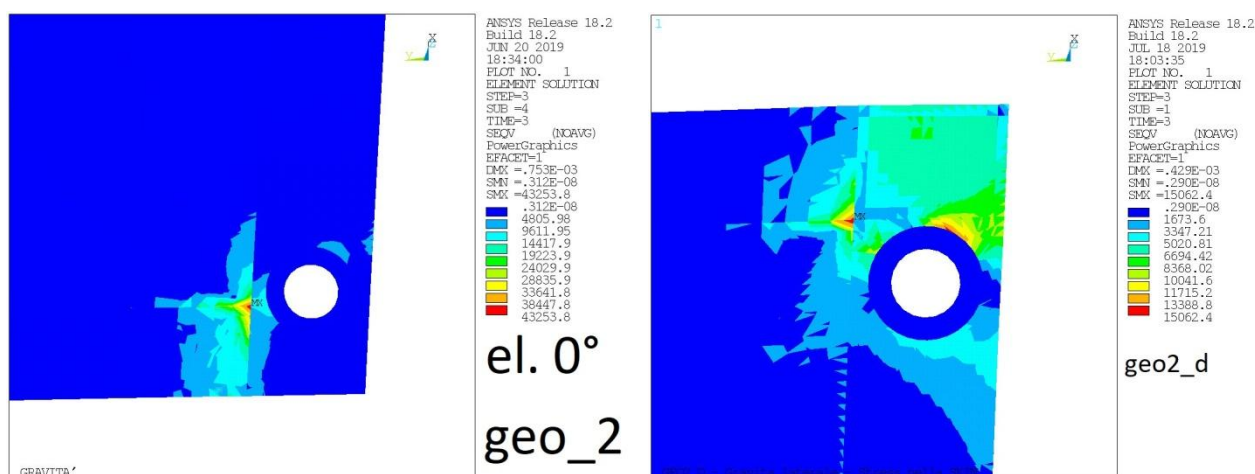


Figura 6-69– Gravità ad elevazione 0° - Sforzo equivalente di von Mises nella "skin" del pannello – Variante tipo a (SX) e variante tipo d (DX)

6.2.3. Azioni e sforzi massimi negli spezzoni di collegamento del pannello

Le azioni interne e sforzi massimi/minimi nei 4 spezzoni del pannello modellato, ottenuti con la geometria geo2, sono riassunti nel seguito. Si analizzano le varianti "tipo a" (progetto originario) e "tipo c" avente spezzoni con diametro massimo incrementato a Ø14mm, "tipo f" e tipo "g". I valori di momenti e tagli massimi si registrano per elevazione 0° e sono sostanzialmente uguali nei due casi "a" e "c".

Gli sforzi massimi negli spezzoni invece diminuiscono notevolmente nella variante tipo C. lo sforzo normale massimo (in modulo) passa da 14.4 a 7.9 kN/cm² (-45%) ed il taglio massimo da 0.52 a 0.38 kN/cm² (-27%).

Tali valori restano praticamente immutati nella variante tipo f che ha sforzo massimo pari a 8.2 kN/cm² con un lieve incremento del taglio massimo che è pari a 0.45 kN. Valori del tutto analoghi si registrano per la variante tipo g.

6.2.3.1. Variante tipo a (geo2_a)

STRESS SUMMARY

ANCHOR STUDS - LOWER END

| LOADING | Nx [kN] | Vy [kN] | Vz [kN] | Mt [kNm] | My [kNm] | Mz [kNm] | M [kNm] | V [kN] |
|---------|------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|------------------|------------------|
| 0° MIN | -0.101E-01 | -0.382E+00 | -0.226E-01 | -0.244E-04 | -0.237E-01 | -0.211E-01 | 0.158E-02 | 0.282E-01 |
| 0° MAX | -0.547E-02 | 0.261E-01 | 0.429E+00 | 0.228E-05 | 0.125E-02 | 0.147E-02 | 0.238E-01 | 0.431E+00 |
| 15° MIN | -0.497E-01 | -0.375E+00 | 0.381E-02 | -0.239E-04 | -0.232E-01 | -0.207E-01 | 0.266E-02 | 0.479E-01 |
| 15° MAX | -0.443E-01 | 0.315E-01 | 0.420E+00 | 0.250E-05 | -0.209E-03 | 0.176E-02 | 0.232E-01 | 0.420E+00 |
| 30° MIN | -0.859E-01 | -0.343E+00 | 0.299E-01 | -0.217E-04 | -0.211E-01 | -0.189E-01 | 0.379E-02 | 0.685E-01 |
| 30° MAX | -0.801E-01 | 0.347E-01 | 0.382E+00 | 0.256E-05 | -0.165E-02 | 0.194E-02 | 0.211E-01 | 0.383E+00 |
| 45° MIN | -0.116E+00 | -0.287E+00 | 0.405E-01 | -0.181E-04 | -0.175E-01 | -0.159E-01 | 0.473E-02 | 0.857E-01 |
| 45° MAX | -0.110E+00 | 0.568E-01 | 0.318E+00 | 0.244E-05 | -0.225E-02 | 0.312E-02 | 0.178E-01 | 0.323E+00 |
| 60° MIN | -0.139E+00 | -0.212E+00 | 0.361E-01 | -0.132E-04 | -0.128E-01 | -0.117E-01 | 0.539E-02 | 0.977E-01 |
| 60° MAX | -0.133E+00 | 0.838E-01 | 0.232E+00 | 0.215E-05 | -0.200E-02 | 0.461E-02 | 0.136E-01 | 0.247E+00 |
| 75° MIN | -0.152E+00 | -0.122E+00 | 0.293E-01 | -0.745E-05 | -0.722E-02 | -0.674E-02 | 0.571E-02 | 0.104E+00 |
| 75° MAX | -0.147E+00 | 0.105E+00 | 0.131E+00 | 0.172E-05 | -0.162E-02 | 0.579E-02 | 0.925E-02 | 0.168E+00 |
| 90° MIN | -0.154E+00 | -0.119E+00 | 0.204E-01 | -0.118E-05 | -0.550E-02 | -0.655E-02 | 0.561E-02 | 0.102E+00 |
| 90° MAX | -0.151E+00 | 0.119E+00 | 0.997E-01 | 0.117E-05 | -0.113E-02 | 0.657E-02 | 0.666E-02 | 0.121E+00 |

| LOADING | Sigma+ [kN/m2] | Sigma- [kN/m2] | Tau V [kN/m2] | Tau T [kN/m2] | Tau tot [kN/m2] |
|---------|-------------------|-------------------|------------------|------------------|--------------------|
| 0° MIN | 0.946E+04 | -0.144E+06 | 0.338E+03 | 0.433E-08 | 0.338E+03 |
| 0° MAX | 0.144E+06 | -0.964E+04 | 0.517E+04 | 0.737E+02 | 0.524E+04 |
| 15° MIN | 0.156E+05 | -0.140E+06 | 0.574E+03 | 0.388E-08 | 0.574E+03 |
| 15° MAX | 0.140E+06 | -0.165E+05 | 0.503E+04 | 0.721E+02 | 0.511E+04 |
| 30° MIN | 0.221E+05 | -0.128E+06 | 0.821E+03 | 0.316E-08 | 0.821E+03 |
| 30° MAX | 0.127E+06 | -0.237E+05 | 0.459E+04 | 0.656E+02 | 0.465E+04 |
| 45° MIN | 0.276E+05 | -0.109E+06 | 0.103E+04 | 0.222E-08 | 0.103E+04 |
| 45° MAX | 0.107E+06 | -0.296E+05 | 0.387E+04 | 0.546E+02 | 0.393E+04 |
| 60° MIN | 0.314E+05 | -0.836E+05 | 0.117E+04 | 0.114E-08 | 0.117E+04 |
| 60° MAX | 0.811E+05 | -0.338E+05 | 0.296E+04 | 0.399E+02 | 0.300E+04 |
| 75° MIN | 0.332E+05 | -0.573E+05 | 0.124E+04 | 0.252E-10 | 0.124E+04 |
| 75° MAX | 0.546E+05 | -0.358E+05 | 0.201E+04 | 0.225E+02 | 0.204E+04 |
| 90° MIN | 0.326E+05 | -0.417E+05 | 0.122E+04 | 0.823E-09 | 0.122E+04 |
| 90° MAX | 0.389E+05 | -0.353E+05 | 0.145E+04 | 0.356E+01 | 0.146E+04 |

ANCHOR STUDS - UPPER END

| LOADING | Nx [kN] | Vy [kN] | Vz [kN] | Mt [kNm] | My [kNm] | Mz [kNm] | M [kNm] | V [kN] |
|---------|------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|------------|------------------|
| 0° MIN | -0.102E-01 | -0.382E+00 | -0.225E-01 | -0.244E-04 | -0.179E-02 | -0.161E-02 | 0.132E-03 | 0.285E-01 |
| 0° MAX | -0.546E-02 | 0.265E-01 | 0.429E+00 | 0.228E-05 | 0.952E-04 | 0.124E-03 | 0.180E-02 | 0.431E+00 |
| 15° MIN | -0.497E-01 | -0.375E+00 | 0.378E-02 | -0.239E-04 | -0.175E-02 | -0.158E-02 | 0.210E-03 | 0.481E-01 |
| 15° MAX | -0.442E-01 | 0.318E-01 | 0.420E+00 | 0.250E-05 | -0.150E-04 | 0.146E-03 | 0.175E-02 | 0.420E+00 |
| 30° MIN | -0.858E-01 | -0.343E+00 | 0.298E-01 | -0.217E-04 | -0.160E-02 | -0.145E-02 | 0.293E-03 | 0.686E-01 |
| 30° MAX | -0.799E-01 | 0.350E-01 | 0.382E+00 | 0.256E-05 | -0.124E-03 | 0.158E-03 | 0.160E-02 | 0.382E+00 |
| 45° MIN | -0.116E+00 | -0.287E+00 | 0.407E-01 | -0.181E-04 | -0.133E-02 | -0.121E-02 | 0.363E-03 | 0.857E-01 |
| 45° MAX | -0.110E+00 | 0.566E-01 | 0.318E+00 | 0.244E-05 | -0.179E-03 | 0.227E-03 | 0.135E-02 | 0.323E+00 |
| 60° MIN | -0.138E+00 | -0.212E+00 | 0.363E-01 | -0.132E-04 | -0.972E-03 | -0.894E-03 | 0.412E-03 | 0.976E-01 |
| 60° MAX | -0.133E+00 | 0.837E-01 | 0.232E+00 | 0.215E-05 | -0.158E-03 | 0.339E-03 | 0.103E-02 | 0.247E+00 |
| 75° MIN | -0.151E+00 | -0.122E+00 | 0.293E-01 | -0.745E-05 | -0.548E-03 | -0.515E-03 | 0.434E-03 | 0.103E+00 |
| 75° MAX | -0.147E+00 | 0.105E+00 | 0.131E+00 | 0.172E-05 | -0.126E-03 | 0.427E-03 | 0.694E-03 | 0.168E+00 |
| 90° MIN | -0.154E+00 | -0.119E+00 | 0.204E-01 | -0.118E-05 | -0.417E-03 | -0.484E-03 | 0.426E-03 | 0.102E+00 |
| 90° MAX | -0.150E+00 | 0.119E+00 | 0.995E-01 | 0.117E-05 | -0.860E-04 | 0.486E-03 | 0.493E-03 | 0.121E+00 |

| LOADING | Sigma+ [kN/m2] | Sigma- [kN/m2] | Tau V [kN/m2] | Tau T [kN/m2] | Tau tot [kN/m2] |
|---------|-------------------|-------------------|------------------|------------------|--------------------|
| 0° MIN | 0.201E+04 | -0.300E+05 | 0.670E+03 | 0.120E-07 | 0.670E+03 |
| 0° MAX | 0.297E+05 | -0.236E+04 | 0.101E+05 | 0.202E+03 | 0.103E+05 |
| 15° MIN | 0.263E+04 | -0.300E+05 | 0.113E+04 | 0.107E-07 | 0.113E+04 |
| 15° MAX | 0.282E+05 | -0.434E+04 | 0.986E+04 | 0.198E+03 | 0.101E+05 |
| 30° MIN | 0.339E+04 | -0.280E+05 | 0.161E+04 | 0.872E-08 | 0.161E+04 |
| 30° MAX | 0.250E+05 | -0.634E+04 | 0.899E+04 | 0.180E+03 | 0.917E+04 |
| 45° MIN | 0.403E+04 | -0.244E+05 | 0.201E+04 | 0.615E-08 | 0.201E+04 |
| 45° MAX | 0.203E+05 | -0.802E+04 | 0.758E+04 | 0.150E+03 | 0.773E+04 |

| | | | | | |
|---------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|
| 60° MIN | 0.444E+04 | -0.195E+05 | 0.229E+04 | 0.316E-08 | 0.229E+04 |
| 60° MAX | 0.146E+05 | -0.921E+04 | 0.580E+04 | 0.110E+03 | 0.591E+04 |
| 75° MIN | 0.459E+04 | -0.142E+05 | 0.243E+04 | 0.524E-10 | 0.243E+04 |
| 75° MAX | 0.885E+04 | -0.980E+04 | 0.394E+04 | 0.618E+02 | 0.400E+04 |
| 90° MIN | 0.441E+04 | -0.109E+05 | 0.239E+04 | 0.226E-08 | 0.239E+04 |
| 90° MAX | 0.547E+04 | -0.971E+04 | 0.284E+04 | 0.977E+01 | 0.285E+04 |

6.2.3.2. Variante tipo c (geo2_c)

STRESS SUMMARY

ANCHOR STUDS - LOWER END

| LOADING | Nx [kN] | Vy [kN] | Vz [kN] | Mt [kNm] | My [kNm] | Mz [kNm] | M [kNm] | V [kN] |
|---------|------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|------------------|------------------|
| 0° MIN | -0.106E-01 | -0.411E+00 | -0.139E-01 | -0.245E-04 | -0.212E-01 | -0.202E-01 | 0.223E-02 | 0.451E-01 |
| 0° MAX | -0.681E-02 | 0.451E-01 | 0.431E+00 | 0.284E-05 | 0.683E-03 | 0.223E-02 | 0.213E-01 | 0.432E+00 |
| 15° MIN | -0.501E-01 | -0.404E+00 | 0.811E-02 | -0.240E-04 | -0.207E-01 | -0.199E-01 | 0.272E-02 | 0.551E-01 |
| 15° MAX | -0.455E-01 | 0.502E-01 | 0.422E+00 | 0.307E-05 | -0.399E-03 | 0.248E-02 | 0.207E-01 | 0.422E+00 |
| 30° MIN | -0.861E-01 | -0.369E+00 | 0.295E-01 | -0.218E-04 | -0.189E-01 | -0.182E-01 | 0.335E-02 | 0.679E-01 |
| 30° MAX | -0.810E-01 | 0.518E-01 | 0.384E+00 | 0.310E-05 | -0.145E-02 | 0.256E-02 | 0.190E-01 | 0.386E+00 |
| 45° MIN | -0.116E+00 | -0.309E+00 | 0.487E-01 | -0.182E-04 | -0.157E-01 | -0.152E-01 | 0.392E-02 | 0.797E-01 |
| 45° MAX | -0.111E+00 | 0.699E-01 | 0.320E+00 | 0.291E-05 | -0.240E-02 | 0.343E-02 | 0.161E-01 | 0.328E+00 |
| 60° MIN | -0.139E+00 | -0.228E+00 | 0.426E-01 | -0.133E-04 | -0.115E-01 | -0.112E-01 | 0.434E-02 | 0.882E-01 |
| 60° MAX | -0.133E+00 | 0.990E-01 | 0.235E+00 | 0.253E-05 | -0.210E-02 | 0.486E-02 | 0.125E-01 | 0.255E+00 |
| 75° MIN | -0.151E+00 | -0.131E+00 | 0.336E-01 | -0.756E-05 | -0.654E-02 | -0.645E-02 | 0.454E-02 | 0.923E-01 |
| 75° MAX | -0.147E+00 | 0.121E+00 | 0.133E+00 | 0.197E-05 | -0.165E-02 | 0.595E-02 | 0.884E-02 | 0.180E+00 |
| 90° MIN | -0.154E+00 | -0.131E+00 | 0.223E-01 | -0.128E-05 | -0.432E-02 | -0.641E-02 | 0.428E-02 | 0.870E-01 |
| 90° MAX | -0.150E+00 | 0.135E+00 | 0.878E-01 | 0.128E-05 | -0.110E-02 | 0.664E-02 | 0.673E-02 | 0.137E+00 |

| LOADING | Sigma+ [kN/m2] | Sigma- [kN/m2] | Tau V [kN/m2] | Tau T [kN/m2] | Tau tot [kN/m2] |
|---------|-------------------|-------------------|------------------|------------------|--------------------|
| 0° MIN | 0.821E+04 | -0.790E+05 | 0.391E+03 | 0.857E-09 | 0.391E+03 |
| 0° MAX | 0.788E+05 | -0.834E+04 | 0.374E+04 | 0.454E+02 | 0.379E+04 |
| 15° MIN | 0.977E+04 | -0.773E+05 | 0.477E+03 | 0.975E-09 | 0.477E+03 |
| 15° MAX | 0.767E+05 | -0.104E+05 | 0.365E+04 | 0.445E+02 | 0.370E+04 |
| 30° MIN | 0.119E+05 | -0.710E+05 | 0.588E+03 | 0.878E-09 | 0.588E+03 |
| 30° MAX | 0.699E+05 | -0.130E+05 | 0.334E+04 | 0.405E+02 | 0.338E+04 |
| 45° MIN | 0.138E+05 | -0.606E+05 | 0.690E+03 | 0.542E-09 | 0.690E+03 |
| 45° MAX | 0.591E+05 | -0.153E+05 | 0.284E+04 | 0.338E+02 | 0.287E+04 |
| 60° MIN | 0.152E+05 | -0.474E+05 | 0.764E+03 | 0.168E-09 | 0.764E+03 |
| 60° MAX | 0.456E+05 | -0.170E+05 | 0.221E+04 | 0.248E+02 | 0.223E+04 |
| 75° MIN | 0.159E+05 | -0.338E+05 | 0.799E+03 | 0.216E-09 | 0.799E+03 |
| 75° MAX | 0.319E+05 | -0.178E+05 | 0.156E+04 | 0.140E+02 | 0.157E+04 |
| 90° MIN | 0.149E+05 | -0.260E+05 | 0.753E+03 | 0.568E-09 | 0.753E+03 |
| 90° MAX | 0.240E+05 | -0.169E+05 | 0.119E+04 | 0.237E+01 | 0.119E+04 |

ANCHOR STUDS - UPPER END

| LOADING | Nx [kN] | Vy [kN] | Vz [kN] | Mt [kNm] | My [kNm] | Mz [kNm] | M [kNm] | V [kN] |
|---------|------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|------------|------------------|
| 0° MIN | -0.106E-01 | -0.411E+00 | -0.139E-01 | -0.245E-04 | -0.240E-04 | -0.844E-04 | 0.844E-04 | 0.455E-01 |
| 0° MAX | -0.680E-02 | 0.455E-01 | 0.430E+00 | 0.284E-05 | 0.766E-03 | 0.714E-03 | 0.769E-03 | 0.432E+00 |
| 15° MIN | -0.500E-01 | -0.403E+00 | 0.807E-02 | -0.240E-04 | 0.137E-04 | -0.930E-04 | 0.101E-03 | 0.554E-01 |
| 15° MAX | -0.453E-01 | 0.506E-01 | 0.421E+00 | 0.307E-05 | 0.750E-03 | 0.701E-03 | 0.750E-03 | 0.421E+00 |
| 30° MIN | -0.860E-01 | -0.369E+00 | 0.295E-01 | -0.218E-04 | 0.504E-04 | -0.954E-04 | 0.121E-03 | 0.681E-01 |
| 30° MAX | -0.808E-01 | 0.522E-01 | 0.384E+00 | 0.310E-05 | 0.683E-03 | 0.641E-03 | 0.687E-03 | 0.385E+00 |
| 45° MIN | -0.116E+00 | -0.309E+00 | 0.488E-01 | -0.182E-04 | 0.837E-04 | -0.130E-03 | 0.140E-03 | 0.797E-01 |
| 45° MAX | -0.111E+00 | 0.698E-01 | 0.320E+00 | 0.291E-05 | 0.570E-03 | 0.537E-03 | 0.584E-03 | 0.327E+00 |
| 60° MIN | -0.138E+00 | -0.228E+00 | 0.428E-01 | -0.133E-04 | 0.791E-04 | -0.182E-03 | 0.153E-03 | 0.881E-01 |
| 60° MAX | -0.133E+00 | 0.988E-01 | 0.234E+00 | 0.253E-05 | 0.418E-03 | 0.396E-03 | 0.456E-03 | 0.254E+00 |
| 75° MIN | -0.151E+00 | -0.131E+00 | 0.337E-01 | -0.756E-05 | 0.616E-04 | -0.223E-03 | 0.159E-03 | 0.921E-01 |
| 75° MAX | -0.146E+00 | 0.121E+00 | 0.133E+00 | 0.197E-05 | 0.237E-03 | 0.232E-03 | 0.325E-03 | 0.180E+00 |
| 90° MIN | -0.154E+00 | -0.130E+00 | 0.223E-01 | -0.128E-05 | 0.399E-04 | -0.248E-03 | 0.149E-03 | 0.867E-01 |
| 90° MAX | -0.150E+00 | 0.135E+00 | 0.876E-01 | 0.128E-05 | 0.151E-03 | 0.239E-03 | 0.251E-03 | 0.137E+00 |

| LOADING | Sigma+ [kN/m2] | Sigma- [kN/m2] | Tau V [kN/m2] | Tau T [kN/m2] | Tau tot [kN/m2] |
|---------|-------------------|-------------------|------------------|------------------|--------------------|
| 0° MIN | 0.122E+04 | -0.129E+05 | 0.107E+04 | 0.400E-08 | 0.107E+04 |
| 0° MAX | 0.126E+05 | -0.158E+04 | 0.101E+05 | 0.203E+03 | 0.103E+05 |
| 15° MIN | 0.811E+03 | -0.133E+05 | 0.130E+04 | 0.452E-08 | 0.130E+04 |
| 15° MAX | 0.116E+05 | -0.253E+04 | 0.990E+04 | 0.199E+03 | 0.101E+05 |
| 30° MIN | 0.533E+03 | -0.129E+05 | 0.160E+04 | 0.389E-08 | 0.160E+04 |
| 30° MAX | 0.990E+04 | -0.349E+04 | 0.905E+04 | 0.181E+03 | 0.923E+04 |
| 45° MIN | 0.325E+03 | -0.117E+05 | 0.187E+04 | 0.239E-08 | 0.187E+04 |
| 45° MAX | 0.767E+04 | -0.432E+04 | 0.769E+04 | 0.151E+03 | 0.784E+04 |

| | | | | | |
|---------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| 60° MIN | 0.163E+03 | -0.998E+04 | 0.207E+04 | 0.733E-09 | 0.207E+04 |
| 60° MAX | 0.513E+04 | -0.492E+04 | 0.598E+04 | 0.111E+03 | 0.609E+04 |
| 75° MIN | 0.414E+02 | -0.804E+04 | 0.216E+04 | 0.977E-09 | 0.216E+04 |
| 75° MAX | 0.274E+04 | -0.524E+04 | 0.422E+04 | 0.627E+02 | 0.429E+04 |
| 90° MIN | -0.165E+03 | -0.687E+04 | 0.204E+04 | 0.253E-08 | 0.204E+04 |
| 90° MAX | 0.146E+04 | -0.512E+04 | 0.322E+04 | 0.106E+02 | 0.323E+04 |

6.2.3.3. Variante tipo f (geo2_f)

STRESS SUMMARY

ANCHOR STUDS - LOWER END

| LOADING | Nx [kN] | Vy [kN] | Vz [kN] | Mt [kNm] | My [kNm] | Mz [kNm] | M [kNm] | V [kN] |
|---------|------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|------------------|------------------|
| 0. MIN | -0.103E-01 | -0.446E+00 | -0.409E-01 | -0.488E-06 | -0.352E-04 | -0.219E-01 | 0.113E-03 | 0.186E-05 |
| 0. MAX | -0.233E-03 | 0.483E-01 | 0.724E-03 | 0.157E-07 | 0.202E-02 | 0.239E-02 | 0.220E-01 | 0.448E+00 |
| 15. MIN | -0.476E-01 | -0.435E+00 | -0.126E-01 | -0.505E-06 | -0.165E-02 | -0.214E-01 | 0.321E-04 | 0.563E-06 |
| 15. MAX | -0.679E-04 | 0.534E-01 | 0.336E-01 | 0.407E-08 | 0.149E-02 | 0.264E-02 | 0.214E-01 | 0.436E+00 |
| 30. MIN | -0.817E-01 | -0.395E+00 | -0.821E-06 | -0.487E-06 | -0.316E-02 | -0.195E-01 | 0.825E-04 | 0.131E-05 |
| 30. MAX | 0.102E-03 | 0.549E-01 | 0.642E-01 | 0.126E-14 | 0.140E-02 | 0.271E-02 | 0.195E-01 | 0.396E+00 |
| 45. MIN | -0.110E+00 | -0.328E+00 | -0.209E-05 | -0.437E-06 | -0.445E-02 | -0.162E-01 | 0.169E-03 | 0.271E-05 |
| 45. MAX | 0.264E-03 | 0.526E-01 | 0.904E-01 | 0.917E-15 | 0.121E-02 | 0.260E-02 | 0.163E-01 | 0.331E+00 |
| 60. MIN | -0.131E+00 | -0.239E+00 | -0.321E-05 | -0.356E-06 | -0.544E-02 | -0.118E-01 | 0.246E-03 | 0.395E-05 |
| 60. MAX | 0.409E-03 | 0.468E-01 | 0.110E+00 | 0.510E-15 | 0.944E-03 | 0.231E-02 | 0.123E-01 | 0.249E+00 |
| 75. MIN | -0.143E+00 | -0.133E+00 | -0.691E-05 | -0.251E-06 | -0.605E-02 | -0.656E-02 | 0.307E-03 | 0.494E-05 |
| 75. MAX | 0.111E-02 | 0.377E-01 | 0.123E+00 | 0.304E-15 | 0.611E-03 | 0.186E-02 | 0.791E-02 | 0.161E+00 |
| 90. MIN | -0.146E+00 | -0.185E-01 | -0.167E-04 | -0.129E-06 | -0.626E-02 | -0.106E-02 | 0.347E-03 | 0.559E-05 |
| 90. MAX | 0.216E-02 | 0.261E-01 | 0.127E+00 | 0.481E-15 | 0.236E-03 | 0.129E-02 | 0.639E-02 | 0.130E+00 |

| LOADING | Sigma+ [kN/m2] | Sigma- [kN/m2] | Tau V [kN/m2] | Tau T [kN/m2] | Tau tot [kN/m2] |
|---------|-------------------|-------------------|------------------|------------------|--------------------|
| 0. MIN | 0.419E+03 | -0.818E+05 | 0.161E-01 | 0.115E-08 | 0.453E-01 |
| 0. MAX | 0.817E+05 | -0.422E+03 | 0.388E+04 | 0.906E+00 | 0.388E+04 |
| 15. MIN | 0.119E+03 | -0.799E+05 | 0.487E-02 | 0.882E-09 | 0.124E-01 |
| 15. MAX | 0.793E+05 | -0.120E+03 | 0.377E+04 | 0.937E+00 | 0.377E+04 |
| 30. MIN | 0.307E+03 | -0.728E+05 | 0.114E-01 | 0.552E-09 | 0.259E-01 |
| 30. MAX | 0.718E+05 | -0.306E+03 | 0.343E+04 | 0.904E+00 | 0.343E+04 |
| 45. MIN | 0.630E+03 | -0.612E+05 | 0.234E-01 | 0.184E-09 | 0.591E-01 |
| 45. MAX | 0.598E+05 | -0.626E+03 | 0.287E+04 | 0.810E+00 | 0.287E+04 |
| 60. MIN | 0.917E+03 | -0.463E+05 | 0.342E-01 | 0.197E-09 | 0.886E-01 |
| 60. MAX | 0.446E+05 | -0.911E+03 | 0.216E+04 | 0.661E+00 | 0.216E+04 |
| 75. MIN | 0.114E+04 | -0.303E+05 | 0.428E-01 | 0.125E-09 | 0.112E+00 |
| 75. MAX | 0.285E+05 | -0.114E+04 | 0.139E+04 | 0.466E+00 | 0.139E+04 |
| 90. MIN | 0.129E+04 | -0.247E+05 | 0.484E-01 | 0.704E-09 | 0.128E+00 |
| 90. MAX | 0.228E+05 | -0.128E+04 | 0.112E+04 | 0.240E+00 | 0.112E+04 |

ANCHOR STUDS - UPPER END

| LOADING | Nx [kN] | Vy [kN] | Vz [kN] | Mt [kNm] | My [kNm] | Mz [kNm] | M [kNm] | V [kN] |
|---------|------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|------------|------------------|
| 0. MIN | -0.103E-01 | -0.445E+00 | -0.409E-01 | -0.631E-15 | -0.713E-04 | -0.901E-04 | 0.000E+00 | 0.000E+00 |
| 0. MAX | 0.000E+00 | 0.488E-01 | 0.698E-03 | 0.167E-14 | 0.965E-06 | 0.774E-03 | 0.778E-03 | 0.447E+00 |
| 15. MIN | -0.475E-01 | -0.435E+00 | -0.126E-01 | -0.485E-15 | -0.225E-04 | -0.989E-04 | 0.000E+00 | 0.000E+00 |
| 15. MAX | 0.000E+00 | 0.539E-01 | 0.335E-01 | 0.152E-14 | 0.577E-04 | 0.756E-03 | 0.757E-03 | 0.435E+00 |
| 30. MIN | -0.815E-01 | -0.395E+00 | 0.000E+00 | -0.306E-15 | 0.000E+00 | -0.101E-03 | 0.000E+00 | 0.000E+00 |
| 30. MAX | 0.000E+00 | 0.553E-01 | 0.640E-01 | 0.126E-14 | 0.111E-03 | 0.687E-03 | 0.687E-03 | 0.395E+00 |
| 45. MIN | -0.110E+00 | -0.328E+00 | 0.000E+00 | -0.106E-15 | 0.000E+00 | -0.961E-04 | 0.000E+00 | 0.000E+00 |
| 45. MAX | 0.000E+00 | 0.530E-01 | 0.902E-01 | 0.916E-15 | 0.156E-03 | 0.571E-03 | 0.576E-03 | 0.331E+00 |
| 60. MIN | -0.131E+00 | -0.239E+00 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | -0.847E-04 | 0.000E+00 | 0.000E+00 |
| 60. MAX | 0.000E+00 | 0.470E-01 | 0.110E+00 | 0.509E-15 | 0.190E-03 | 0.415E-03 | 0.432E-03 | 0.249E+00 |
| 75. MIN | -0.143E+00 | -0.133E+00 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | -0.675E-04 | 0.000E+00 | 0.000E+00 |
| 75. MAX | 0.000E+00 | 0.379E-01 | 0.123E+00 | 0.302E-15 | 0.212E-03 | 0.232E-03 | 0.279E-03 | 0.161E+00 |
| 90. MIN | -0.145E+00 | -0.185E-01 | 0.000E+00 | -0.380E-15 | 0.000E+00 | -0.457E-04 | 0.000E+00 | 0.000E+00 |
| 90. MAX | 0.000E+00 | 0.261E-01 | 0.127E+00 | 0.482E-15 | 0.219E-03 | 0.324E-04 | 0.224E-03 | 0.130E+00 |

| LOADING | Sigma+ [kN/m2] | Sigma- [kN/m2] | Tau V [kN/m2] | Tau T [kN/m2] | Tau tot [kN/m2] |
|---------|-------------------|-------------------|------------------|------------------|--------------------|
| 0. MIN | 0.000E+00 | -0.603E+04 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 0.000E+00 |
| 0. MAX | 0.587E+04 | 0.000E+00 | 0.627E+04 | 0.641E-08 | 0.627E+04 |
| 15. MIN | 0.000E+00 | -0.626E+04 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 0.000E+00 |
| 15. MAX | 0.532E+04 | 0.000E+00 | 0.610E+04 | 0.581E-08 | 0.610E+04 |
| 30. MIN | 0.000E+00 | -0.609E+04 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 0.000E+00 |
| 30. MAX | 0.443E+04 | 0.000E+00 | 0.554E+04 | 0.482E-08 | 0.554E+04 |
| 45. MIN | 0.000E+00 | -0.553E+04 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 0.000E+00 |

| | | | | | |
|---------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| 45. MAX | 0.328E+04 | 0.000E+00 | 0.464E+04 | 0.351E-08 | 0.464E+04 |
| 60. MIN | 0.000E+00 | -0.466E+04 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 0.000E+00 |
| 60. MAX | 0.195E+04 | 0.000E+00 | 0.349E+04 | 0.195E-08 | 0.349E+04 |
| 75. MIN | 0.000E+00 | -0.362E+04 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 0.000E+00 |
| 75. MAX | 0.646E+03 | 0.000E+00 | 0.225E+04 | 0.116E-08 | 0.225E+04 |
| 90. MIN | -0.124E+03 | -0.324E+04 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 0.000E+00 |
| 90. MAX | 0.187E+03 | 0.000E+00 | 0.182E+04 | 0.184E-08 | 0.182E+04 |

6.2.3.4. Variante tipo g (geo2_g)

STRESS SUMMARY

ANCHOR STUDS - LOWER END

| LOADING | Nx [kN] | Vy [kN] | Vz [kN] | Mt [kNm] | My [kNm] | Mz [kNm] | M [kNm] | V [kN] |
|---------|------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|------------------|------------------|
| 0. MIN | -0.121E-01 | -0.440E+00 | -0.363E-01 | -0.238E-04 | -0.202E-01 | -0.217E-01 | 0.226E-02 | 0.457E-01 |
| 0. MAX | -0.634E-02 | 0.547E-01 | 0.415E+00 | 0.313E-05 | 0.179E-02 | 0.268E-02 | 0.217E-01 | 0.442E+00 |
| 15. MIN | -0.537E-01 | -0.430E+00 | -0.793E-02 | -0.235E-04 | -0.200E-01 | -0.212E-01 | 0.297E-02 | 0.603E-01 |
| 15. MAX | -0.445E-01 | 0.666E-01 | 0.409E+00 | 0.344E-05 | 0.391E-03 | 0.325E-02 | 0.212E-01 | 0.430E+00 |
| 30. MIN | -0.916E-01 | -0.391E+00 | 0.210E-01 | -0.216E-04 | -0.183E-01 | -0.192E-01 | 0.285E-02 | 0.582E-01 |
| 30. MAX | -0.787E-01 | 0.882E-01 | 0.376E+00 | 0.351E-05 | -0.103E-02 | 0.430E-02 | 0.193E-01 | 0.391E+00 |
| 45. MIN | -0.123E+00 | -0.325E+00 | 0.484E-01 | -0.182E-04 | -0.155E-01 | -0.160E-01 | 0.318E-02 | 0.651E-01 |
| 45. MAX | -0.107E+00 | 0.104E+00 | 0.317E+00 | 0.335E-05 | -0.238E-02 | 0.506E-02 | 0.163E-01 | 0.333E+00 |
| 60. MIN | -0.146E+00 | -0.237E+00 | 0.496E-01 | -0.136E-04 | -0.115E-01 | -0.117E-01 | 0.385E-02 | 0.789E-01 |
| 60. MAX | -0.129E+00 | 0.112E+00 | 0.236E+00 | 0.296E-05 | -0.243E-02 | 0.547E-02 | 0.128E-01 | 0.262E+00 |
| 75. MIN | -0.160E+00 | -0.133E+00 | 0.401E-01 | -0.802E-05 | -0.681E-02 | -0.653E-02 | 0.457E-02 | 0.938E-01 |
| 75. MAX | -0.142E+00 | 0.113E+00 | 0.140E+00 | 0.236E-05 | -0.196E-02 | 0.551E-02 | 0.877E-02 | 0.180E+00 |
| 90. MIN | -0.162E+00 | -0.102E+00 | 0.278E-01 | -0.193E-05 | -0.614E-02 | -0.499E-02 | 0.517E-02 | 0.106E+00 |
| 90. MAX | -0.145E+00 | 0.106E+00 | 0.125E+00 | 0.161E-05 | -0.136E-02 | 0.518E-02 | 0.627E-02 | 0.127E+00 |

| LOADING | Sigma+ [kN/m2] | Sigma- [kN/m2] | Tau V [kN/m2] | Tau T [kN/m2] | Tau_tot [kN/m2] |
|---------|-------------------|-------------------|------------------|------------------|--------------------|
| 0. MIN | 0.832E+04 | -0.807E+05 | 0.396E+03 | 0.819E-09 | 0.396E+03 |
| 0. MAX | 0.806E+05 | -0.845E+04 | 0.382E+04 | 0.442E+02 | 0.382E+04 |
| 15. MIN | 0.107E+05 | -0.789E+05 | 0.522E+03 | 0.103E-08 | 0.522E+03 |
| 15. MAX | 0.783E+05 | -0.113E+05 | 0.373E+04 | 0.436E+02 | 0.373E+04 |
| 30. MIN | 0.998E+04 | -0.720E+05 | 0.504E+03 | 0.101E-08 | 0.511E+03 |
| 30. MAX | 0.710E+05 | -0.112E+05 | 0.339E+04 | 0.400E+02 | 0.339E+04 |
| 45. MIN | 0.110E+05 | -0.612E+05 | 0.564E+03 | 0.590E-09 | 0.571E+03 |
| 45. MAX | 0.596E+05 | -0.126E+05 | 0.289E+04 | 0.338E+02 | 0.292E+04 |
| 60. MIN | 0.133E+05 | -0.483E+05 | 0.683E+03 | 0.134E-09 | 0.689E+03 |
| 60. MAX | 0.465E+05 | -0.152E+05 | 0.227E+04 | 0.252E+02 | 0.229E+04 |
| 75. MIN | 0.159E+05 | -0.336E+05 | 0.812E+03 | 0.331E-09 | 0.816E+03 |
| 75. MAX | 0.315E+05 | -0.180E+05 | 0.156E+04 | 0.149E+02 | 0.157E+04 |
| 90. MIN | 0.181E+05 | -0.242E+05 | 0.919E+03 | 0.773E-09 | 0.922E+03 |
| 90. MAX | 0.223E+05 | -0.203E+05 | 0.110E+04 | 0.358E+01 | 0.110E+04 |

ANCHOR STUDS - UPPER END

| LOADING | Nx [kN] | Vy [kN] | Vz [kN] | Mt [kNm] | My [kNm] | Mz [kNm] | M [kNm] | V [kN] |
|---------|------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|------------|------------------|
| 0. MIN | -0.121E-01 | -0.440E+00 | -0.363E-01 | -0.238E-04 | -0.632E-04 | -0.117E-03 | 0.854E-04 | 0.461E-01 |
| 0. MAX | -0.632E-02 | 0.548E-01 | 0.414E+00 | 0.313E-05 | 0.885E-03 | 0.765E-03 | 0.889E-03 | 0.441E+00 |
| 15. MIN | -0.536E-01 | -0.430E+00 | -0.797E-02 | -0.235E-04 | -0.144E-04 | -0.145E-03 | 0.109E-03 | 0.606E-01 |
| 15. MAX | -0.444E-01 | 0.665E-01 | 0.409E+00 | 0.344E-05 | 0.873E-03 | 0.747E-03 | 0.885E-03 | 0.430E+00 |
| 30. MIN | -0.914E-01 | -0.390E+00 | 0.209E-01 | -0.216E-04 | 0.354E-04 | -0.193E-03 | 0.131E-03 | 0.586E-01 |
| 30. MAX | -0.785E-01 | 0.881E-01 | 0.375E+00 | 0.351E-05 | 0.802E-03 | 0.679E-03 | 0.825E-03 | 0.391E+00 |
| 45. MIN | -0.123E+00 | -0.325E+00 | 0.483E-01 | -0.182E-04 | 0.828E-04 | -0.227E-03 | 0.146E-03 | 0.653E-01 |
| 45. MAX | -0.107E+00 | 0.104E+00 | 0.316E+00 | 0.335E-05 | 0.676E-03 | 0.565E-03 | 0.714E-03 | 0.333E+00 |
| 60. MIN | -0.146E+00 | -0.237E+00 | 0.498E-01 | -0.136E-04 | 0.110E-03 | -0.246E-03 | 0.175E-03 | 0.788E-01 |
| 60. MAX | -0.129E+00 | 0.112E+00 | 0.236E+00 | 0.296E-05 | 0.505E-03 | 0.412E-03 | 0.561E-03 | 0.261E+00 |
| 75. MIN | -0.159E+00 | -0.132E+00 | 0.402E-01 | -0.802E-05 | 0.879E-04 | -0.248E-03 | 0.207E-03 | 0.936E-01 |
| 75. MAX | -0.141E+00 | 0.113E+00 | 0.139E+00 | 0.236E-05 | 0.298E-03 | 0.231E-03 | 0.388E-03 | 0.179E+00 |
| 90. MIN | -0.162E+00 | -0.102E+00 | 0.278E-01 | -0.193E-05 | 0.598E-04 | -0.234E-03 | 0.184E-03 | 0.106E+00 |
| 90. MAX | -0.144E+00 | 0.106E+00 | 0.125E+00 | 0.161E-05 | 0.215E-03 | 0.225E-03 | 0.244E-03 | 0.127E+00 |

| LOADING | Sigma+ [kN/m2] | Sigma- [kN/m2] | Tau V [kN/m2] | Tau T [kN/m2] | Tau_tot [kN/m2] |
|---------|-------------------|-------------------|------------------|------------------|--------------------|
| 0. MIN | 0.124E+04 | -0.149E+05 | 0.108E+04 | 0.381E-08 | 0.108E+04 |
| 0. MAX | 0.146E+05 | -0.159E+04 | 0.104E+05 | 0.197E+03 | 0.104E+05 |
| 15. MIN | 0.980E+03 | -0.155E+05 | 0.142E+04 | 0.476E-08 | 0.142E+04 |
| 15. MAX | 0.138E+05 | -0.265E+04 | 0.101E+05 | 0.195E+03 | 0.101E+05 |
| 30. MIN | 0.565E+03 | -0.152E+05 | 0.138E+04 | 0.448E-08 | 0.141E+04 |
| 30. MAX | 0.122E+05 | -0.379E+04 | 0.919E+04 | 0.179E+03 | 0.924E+04 |
| 45. MIN | 0.256E+03 | -0.139E+05 | 0.153E+04 | 0.263E-08 | 0.156E+04 |

| | | | | | |
|---------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|
| 45. MAX | 0.974E+04 | -0.459E+04 | 0.782E+04 | 0.151E+03 | 0.798E+04 |
| 60. MIN | 0.331E+03 | -0.118E+05 | 0.185E+04 | 0.595E-09 | 0.188E+04 |
| 60. MAX | 0.679E+04 | -0.548E+04 | 0.614E+04 | 0.113E+03 | 0.625E+04 |
| 75. MIN | 0.622E+03 | -0.922E+04 | 0.220E+04 | 0.148E-08 | 0.222E+04 |
| 75. MAX | 0.366E+04 | -0.613E+04 | 0.422E+04 | 0.665E+02 | 0.428E+04 |
| 90. MIN | 0.501E+03 | -0.691E+04 | 0.249E+04 | 0.345E-08 | 0.250E+04 |
| 90. MAX | 0.120E+04 | -0.559E+04 | 0.299E+04 | 0.160E+02 | 0.299E+04 |

6.3. Effetti di una variazione di temperatura uniforme

Le analisi sono state condotte assegnando CTE nullo alle parti in acciaio, mentre alle parti in lega di alluminio è stato assegnato un CTE pari alla differenza tra i CTE dei due materiali ($CTE_{Alluminio} - CTE_{Acciaio}$). I vincoli a terra, posti in corrispondenza all'interfaccia con strutture in acciaio sono pertanto fissi.

Non sono stati tenuti in conto effetti associati al CTE degli adesivi, in considerazione del basso valore del modulo elastico di tali materiali. Si suggerisce comunque l'utilizzo di adesivi a basso CTE.

In tal modo si va a valutare gli effetti del ΔCTE tra i due materiali, depurati dalle componenti di roto-traslazione rigida generate dalla deformata delle strutture in acciaio del paraboloide.

In testa agli spezzoni dei pannelli adiacenti (non modellati) sono state applicate le azioni trasmesse dai pannelli per la condizione di carico esaminata. Tali azioni sono state ricavate dal pannello modellato.

Le analisi sono state condotte per le due geometrie geo1 e geo2 e per le varianti tipo a (senza contatti monolateri tra la ghiera sul corpo attuatore e la piastra di sostegno degli spezzoni) e B / C / D / F / G (con contatti monolateri). Solo per la geometria geo1 le analisi sono state eseguite anche per la variante tipo a (progetto originario senza contatti monolateri) per stimare l'impatto di tale elemento.

In presenza di contatti monolateri le analisi sono non lineari (eccetto che per il caso geo1_a). Tuttavia la causa di non linearità è di impatto molto limitato e pertanto i risultati possono essere scalati linearmente con i valori di ΔT uniforme applicati. Cambiando il segno di variazione termica applicata si inverte il verso della deformata.

I risultati riportati nel seguente capitolo si riferiscono esclusivamente agli effetti termici, senza tener in conto il peso proprio del pannello.

6.3.1. Deformata del pannello

La condizione di carico analizzata, ossia una variazione di temperatura uniforme, si immagina applicata all'intero paraboloide. Non si vede infatti la possibilità fisica che si realizzino variazioni di temperatura uniformi di entità così rilevante su un solo pannello.

Si tratta quindi di una condizione di carico che genera una deformata quasi assial-simmetrica sul paraboloide, intendendo con tale locuzione il fatto che la deformabilità fuori piano dei piatti di nodo non viene mobilitata, dato che i due pannelli ai lati del piatto di nodo trasmettono azioni uguali ed opposte.

I parametri di deformabilità globale, per le diverse configurazioni analizzate ed anche nel caso in cui la deformata venga depurata dal piano di bestfit, sono riportati in Tabella 16.

Sempre in Tabella 16, nelle ultime tre colonne, si riportano anche i valori di rototraslazione rigida che identificano il piano di bestfit. Tali valori sono stati calcolati con il metodo dei minimi quadrati.

Incidentalmente facciamo notare che anche per questa tipologia di deformata la correzione attiva della componente di rototraslazione rigida è possibile (in via teorica) solo in parte in quanto vertici di pannelli concorrenti ad un medesimo attuatore potrebbero necessitare di correzioni diverse.

| geometria | Un medio [μm] | Un min. [μm] | Un max [μm] | PtoV [μm] | RMS1 [μm] | RMS2 [μm] | Piston [μm] | TiltX [rad×10 ⁻⁶] | TiltY [rad×10 ⁻⁶] |
|-----------|------------------|-----------------|----------------|--------------------------|------------------------|--------------|----------------|----------------------------------|----------------------------------|
| geo1_a | 49 | -60 | 188 | 248 96 ¹⁾ | 51 12 ¹⁾ | 71 | 49 | 0 | 61.9 |
| geo1_B | 19 | -80 | 178 | 259 184 ¹⁾ | 39 26 ¹⁾ | 44 | 20 | 0 | 36.9 |
| geo2_B | -55 | -144 | 155 | 299 | 68 | 87 | -55 | 47.3 | 63.3 |

| geometria | Un medio [μm] | Un min. [μm] | Un max [μm] | PtoV [μm] | RMS1 [μm] | RMS2 [μm] | Piston [μm] | TiltX [rad×10 ⁻⁶] | TiltY [rad×10 ⁻⁶] |
|-----------|------------------|-----------------|----------------|--------------------------|------------------------|--------------|----------------|----------------------------------|----------------------------------|
| | | | | 136 ¹⁾ | 35 ¹⁾ | | | | |
| geo1_C | 27 | -117 | 226 | 343 253 ¹⁾ | 49 31 ¹⁾ | 56 | 27 | 0 | 46.6 |
| geo2_C | -78 | -183 | 168 | 351 164 ¹⁾ | 81 43 ¹⁾ | 113 | -78 | 51.2 | 77.4 |
| geo1_D | -21 | -77 | 108 | 186 130 ¹⁾ | 37 26 ¹⁾ | 43 | -21 | 0 | 33.5 |
| geo2_D | -87 | -147 | 149 | 296 136 ¹⁾ | 67 36 ¹⁾ | 88 | -57 | 47.4 | 62.9 |
| geo1_F | 76 | 27 | 243 | 216 205 ¹⁾ | 46 37 ¹⁾ | 89 | -76 | 0 | -35.5 |
| geo2_F | 30 | -43 | 171 | 214 193 ¹⁾ | 53 49 ¹⁾ | 61 | 30 | 37.3 | -2.9 |
| geo1_G | 65 | 21 | 213 | 193 173 ¹⁾ | 41 33 ¹⁾ | 77 | 65 | 0 | -30.6 |
| geo2_G | 33 | -36 | 164 | 200 173 ¹⁾ | 48 44 ¹⁾ | 58 | 33 | 38.0 | -3.5 |

Tabella 16 – ΔT=+30°C Uniforme - Parametri di deformabilità.

1) Valore calcolato sulla deformata depurata dalle rototraslazioni rigide

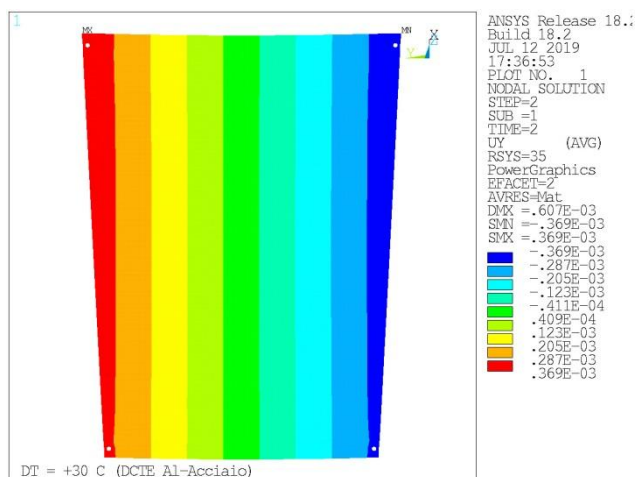
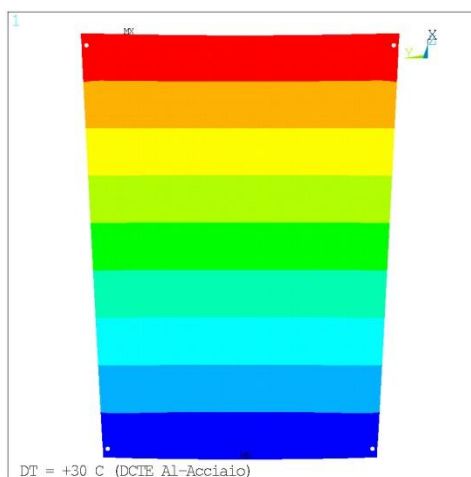


Figura 6-70– ΔT=+30°C Uniforme su configurazione geo1_a - Linee di livello degli spostamenti radiali (SX) e laterali (DX)

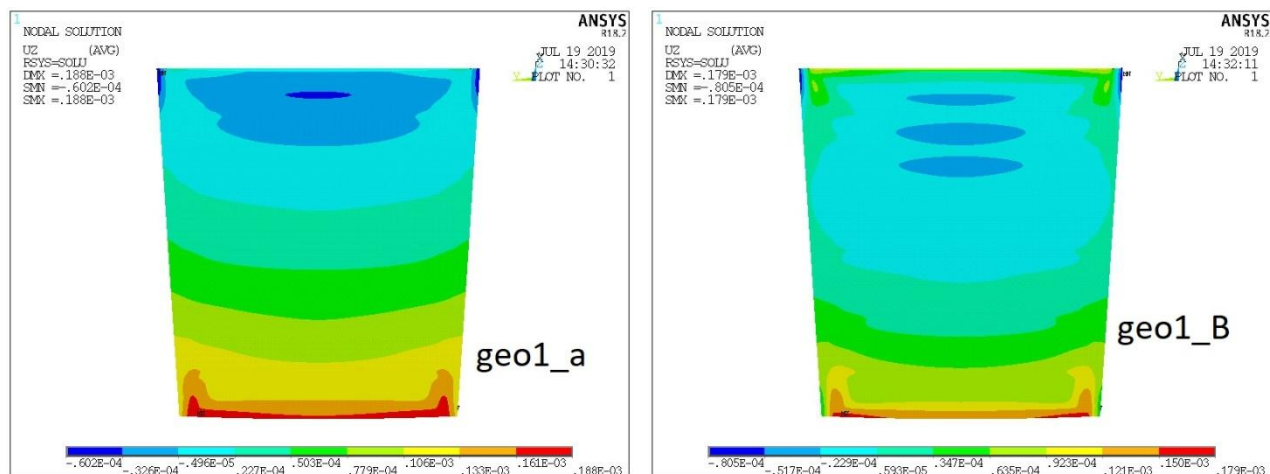


Figura 6-71– $\Delta T=+30^{\circ}\text{C}$ Uniforme su configurazione geo1_a (SX) e geo1_B (DX) – spostamenti normali al piano secante

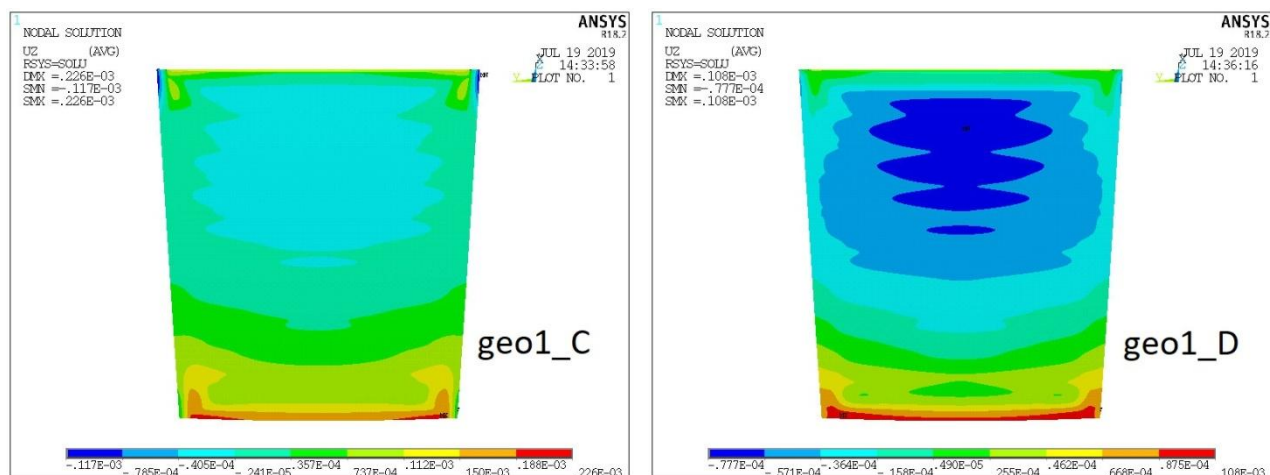


Figura 6-72– $\Delta T=+30^{\circ}\text{C}$ Uniforme su configurazione geo1_C (SX) e geo1_D (DX) – spostamenti normali

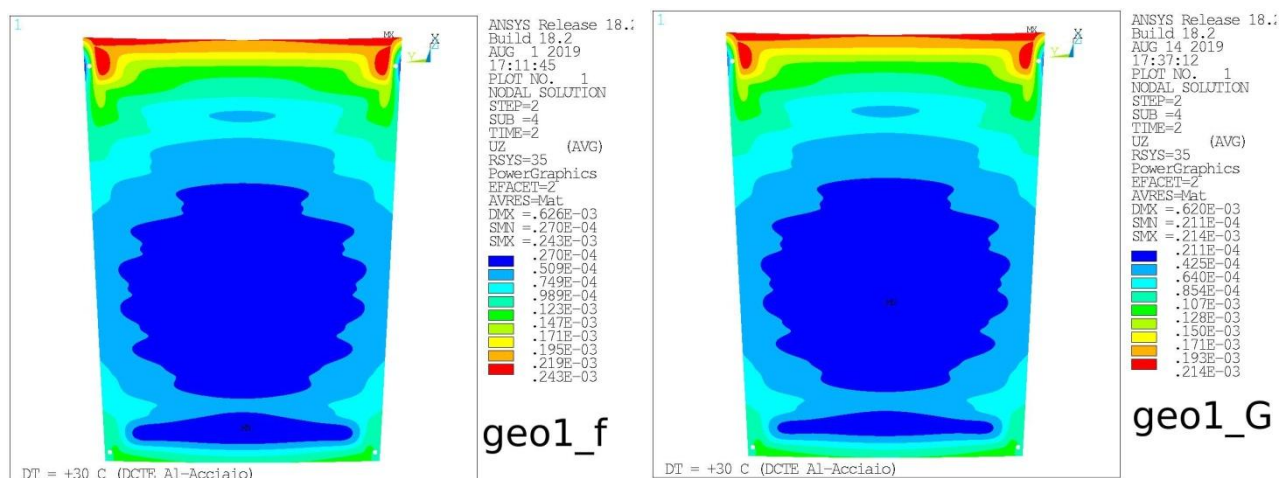


Figura 6-73– $\Delta T=+30^{\circ}\text{C}$ Uniforme su configurazione geo1_F (SX) e geo1_G (DX) – spostamenti normali al piano secante

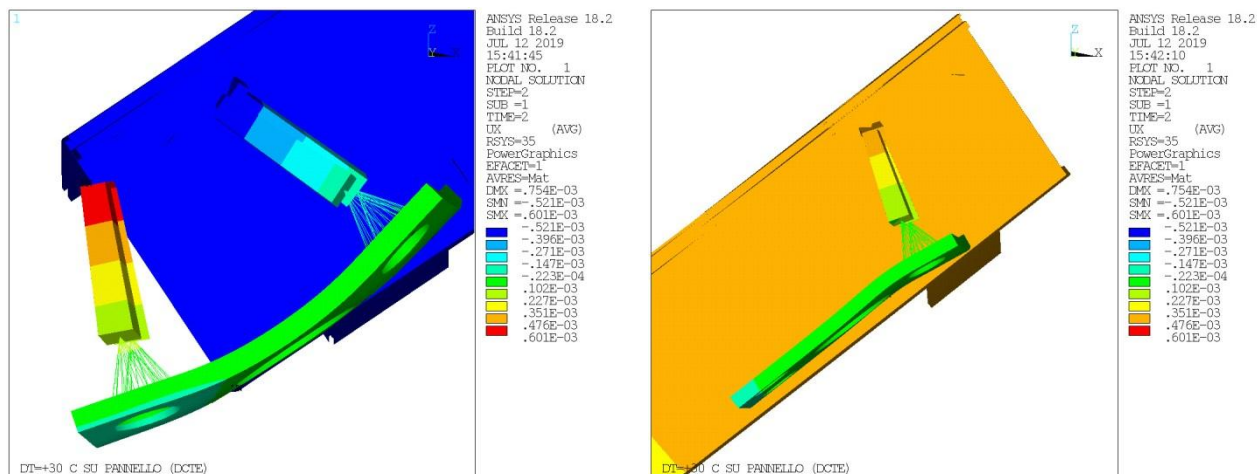


Figura 6-74– $\Delta T = +30^\circ\text{C}$ Uniforme su configurazione geo1_a - Dettaglio deformata su un vertice interno (SX) ed esterno (DX) – Spost. Radiali

La Figura 6-71 e la Figura 6-72 evidenziano la presenza di una componente di rotazione rigida attorno all'asse Y del sistema 35. Tale effetto non si manifestava nel pannello VI e XIV analizzati a suo tempo per il Sardinia RadioTelescope (V. AD3).

Il confronto in Tabella 17 evidenzia che a fronte di momenti applicati praticamente identici le piastre proposte per Medicina (configurazione geo1_a) sono molto più deformabili, sia per materiale che per spessore, rispetto a quanto adottato per SRT. La piastra adottata per SRT è infatti più rigida flessionalmente di un fattore pari a 10. La deformata fuori piano delle piastre di ancoraggio degli spezzoni (V Figura 6-75) è responsabile della rotazione rigida del pannello.

La rotazione rigida diminuisce passando alla configurazione geo1_B in cui la piastra è più rigida essendone stato incrementato lo spessore della piastra da 8 a 12 mm, pur restando sempre tre volte più deformabile rispetto alla piastra di SRT. La rotazione rigida diminuisce da 61.9 a 36.9 microrad (V. Tabella 16).

Nel configurazione geo1_C aumentano i momenti ed i tagli sulla piastra in quanto è aumentata la rigidità degli spezzoni, ne deriva un aumento (rispetto a geo1_B) della deformabilità fuori piano della piastra e quindi della componente di rotazione rigida che cresce a 46.6 microrad. Il caso geo1_D si differenzia dal caso geo1_B solo per la presenza delle costole di irrigidimento ai vertici del pannello ed infatti i due casi hanno comportamento assai simile, con il solito miglioramento dei valori picco valle sul caso geo1_D.

Nelle configurazioni geo1_F e geo1_G la deformata fuori piano delle piastre di ancoraggio degli spezzoni è equiversa e di entità paragonabile sia sul lato interno che sul lato esterno del pannello, così come ben evidenziato in Figura. Tuttavia le deformate riportate in Figura evidenziano ancora uno sbilanciamento tra il lato interno del pannello e quello esterno, questa volta di segno opposto rispetto ai casi precedenti.

Si tratta molto verosimilmente della deformata generata sulla parte a sbalzo del pannello dalla rotazione di estremità del pannello stesso (quest'ultima a sua volta generata dal momento di estremità applicato al pannello dalla trasmissione eccentrica delle forze di taglio da parte degli spezzoni).

Ciò determina una componente di rotazione rigida di segno opposto ai casi precedenti, che ora non sembra generata dalla deformabilità dei vincoli, piuttosto dalla deformazione della parte a sbalzo del pannello.

I valori in Tabella evidenziano come le configurazioni geo1_F geo1_G siano sfavorevoli rispetto alla geo1_D, sia per i valori di deformata totale che per i valori depurati da rototraslazioni rigide. Per il caso geo1_F il valore RMS1 relativo alla deformata grezza è praticamente simile a quello della configurazione geo1_a (46 contro 51 μm) con lo svantaggio, rispetto a quest'ultima configurazione di una minore componente di rototraslazione rigida. Una volta rimosse piston, tip e tilt il valore RMS1 della configurazione geo1_F è ben tre volte maggiore di quello di geo1_a e resta comunque maggiore del 50% rispetto a geo1_D (che ricordiamo avere spezzone con diametro massimo 11.9mm). Come meglio dettagliato nel seguito riteniamo che ciò sia dovuto all'incremento delle coazioni di natura termica generate dall'irrigidimento dei vincoli dovuto all'incremento del diametro degli spezzoni.

La configurazione geo1_G mitiga tali effetti in virtù degli spezzoni meno rigidi.

| Parametro | Ø32m Medicina geo1_a | Ø64m SRT |
|---------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|
| Lati piastra ancoraggio spezzoni | 155 x 105 mm | 155 x 105 mm |
| Spessore piastra ancoraggio spezzoni | 8 mm (geo0-geo1-geo2) | 12 mm |
| Materiale piastra ancoraggio spezzoni | Lega di alluminio | Acciaio INOX |
| Lunghezza spezzoni | 48.9 mm | 104 mm |
| Diametro spezzoni | 8.5 – 11.9 mm | 12.5 mm |
| Taglio alla base dello spezzone | 0.43 / 0.52 kN | 0.55 / 0.58 kN (XIV ring) |
| Momento alla base dello spezzone | 2.35 / 2.85 ¹⁾ kNcm | 3.04 / 3.14 kNcm (XIV ring) |

- 1) Valori calcolati alla sezione di base dello spezzone. Il momento massimo trasportato all'estradosso superiore della piastra vale pertanto $M = 2.85 + 0.52 \times 2 = 3.11$ kNcm valore del tutto simile a quanto calcolato per SRT.

Tabella 17 Ø32m Medicina vs. Ø64m SRT

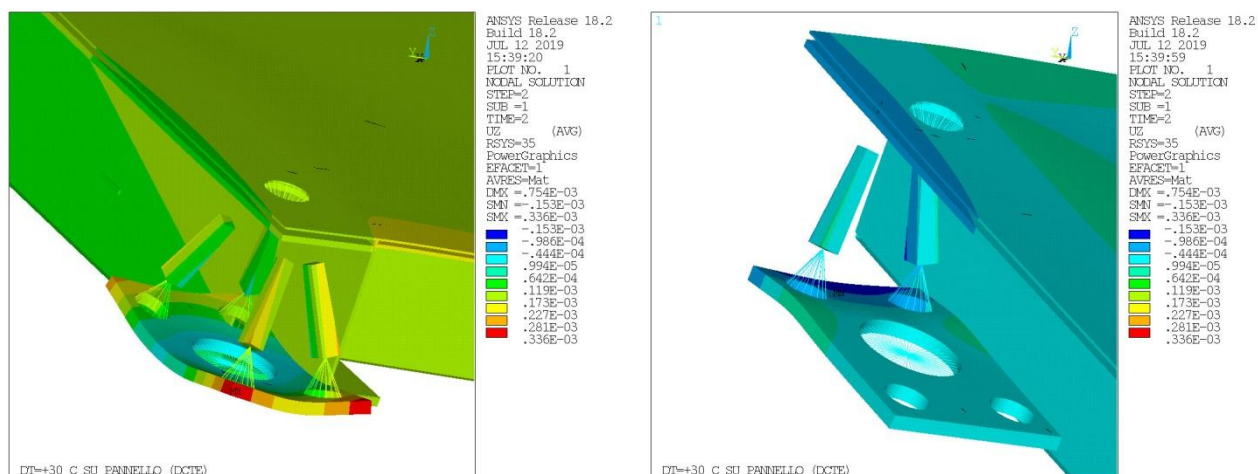


Figura 6-75– $\Delta T = +30^\circ\text{C}$ Uniforme su configurazione geo1_a - Dettaglio deformata su un vertice interno (SX) ed esterno (DX) – Spost. Normali al pannello

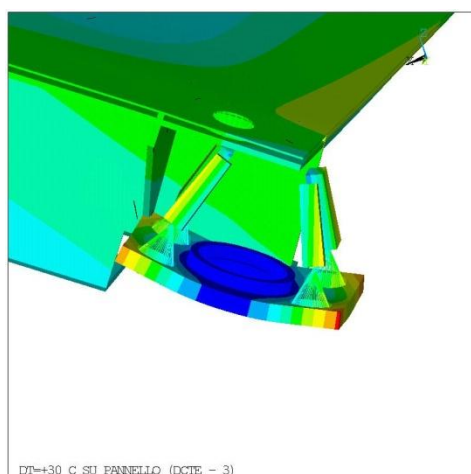
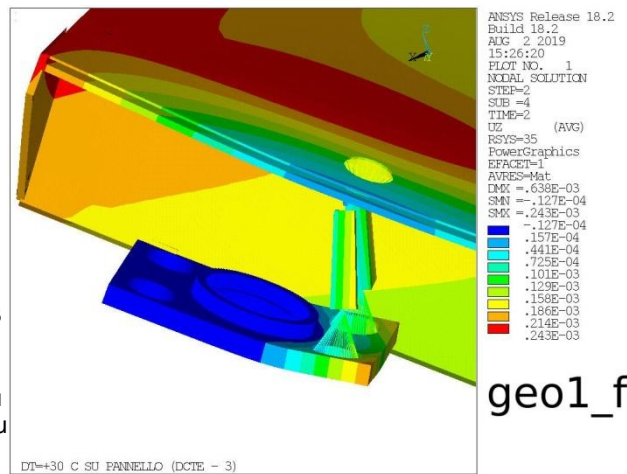


Figura 6-76–
 $\Delta T=+30$
 0°C
Unifor
me su
configu
razion
e



geo1_f

geo1_F - Dettaglio deformata su un vertice interno (SX) ed esterno (DX) – Spost. Normali

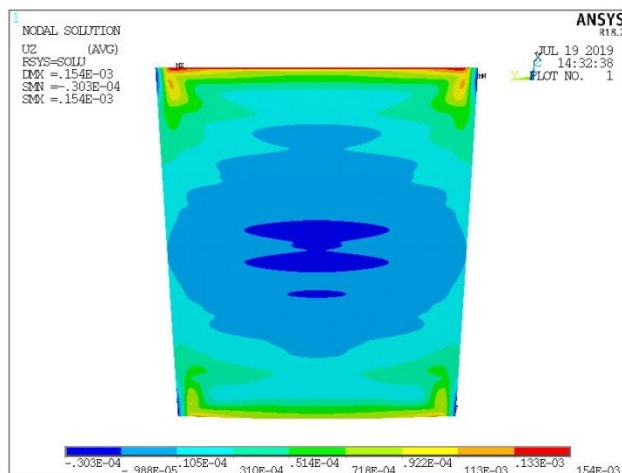
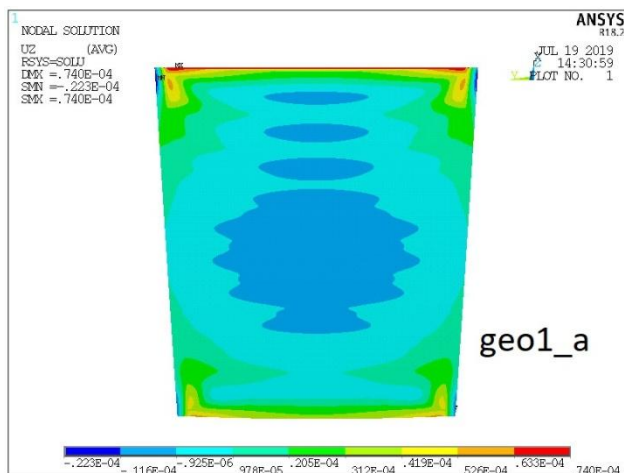


Figura 6-77– $\Delta T=+30^{\circ}\text{C}$ Uniforme - Linee di livello degli spostamenti normali al piano secante una volta rimosse le componenti di rototraslazione rigida- Configurazione geo1_a (SX) geo1_B(DX).

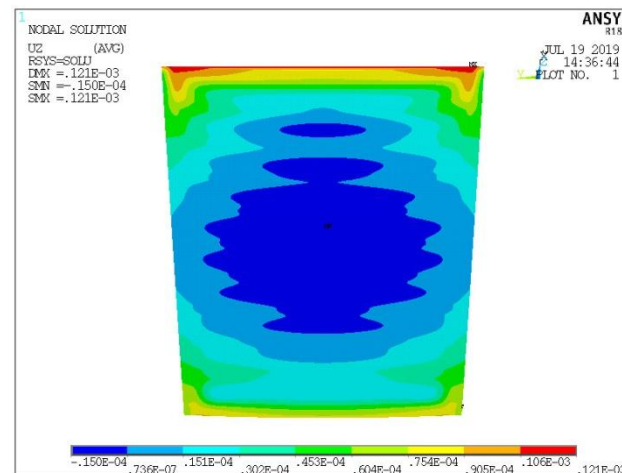
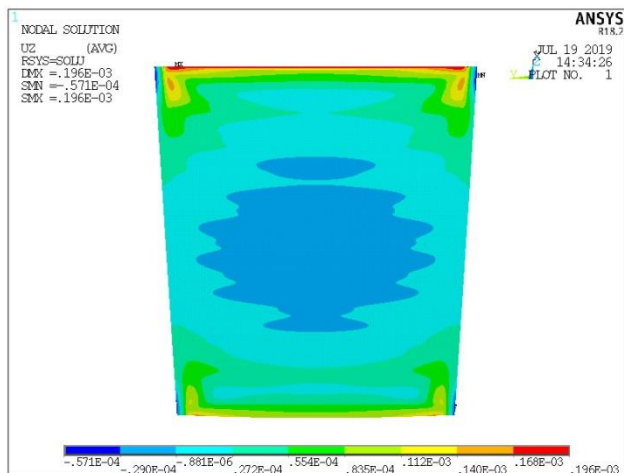


Figura 6-78– $\Delta T=+30^{\circ}\text{C}$ Uniforme - Linee di livello degli spostamenti normali al piano secante una volta rimosse le componenti di rototraslazione rigida- Configurazione geo1_C (SX) e geo1_D(DX).

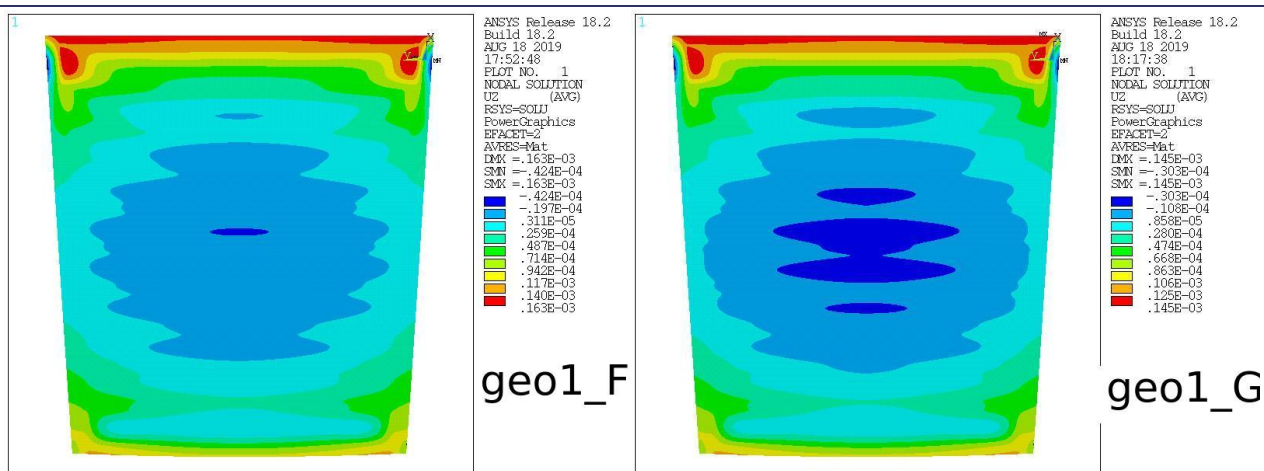


Figura 6-79— $\Delta T = +30^{\circ}\text{C}$ Uniforme - Linee di livello degli spostamenti normali al piano secante una volta rimosse le componenti di rototraslazione rigida- Configurazione geo1_F (SX) e geo1_G(DX).

Se, sempre per la configurazione geo1, si ragiona in termini di deformate depurate dalla rototraslazione rigida (V. Figura 6-77 e Figura 6-78) l'RMS della deformata cresce nell'ordine geo1_a / geo1_B-D / geo1_C geo1_G e geo1_F con valori rispettivamente di 12 / 26-26 / 31 / 33 e 37 μm . Ciò è consistente con il fatto che irrigidendo il vincolo (ossia la piastra e/o gli spezzoni) crescono le reazioni a terra indotte dalla elongazione (accorciamento) termico contrastato e quindi crescono anche le distorsioni indotte nel pannello da tali coazioni.

Da un punto di vista qualitativo lo stesso comportamento si ha anche confrontando le deformate delle configurazioni geo2_B / geo2_C / geo2_D / geo2_F e geo2_G, anche se in questo caso la deformabilità dei piatti di nodo lato false centine determina deformate non simmetriche. I valori RMS delle configurazioni geo2 sono sempre maggiori rispetto ai corrispondenti valori geo1, di circa 20-30 μm sulla deformata totale e 9-12 μm sulle deformate depurate dalle rototraslazioni rigide (V. Tabella 16).

L'utilizzo di vincoli (spezzoni + piastre) deformabili (in SRT gli spezzoni) riduce l'impatto delle deformate termiche. Nel caso di Medicina non è geometricamente possibile utilizzare spezzoni lunghi. Peraltro pensare di far fronte alla deformabilità necessaria realizzando piastre meno rigide non porta al risultato sperato in quanto insorgono componenti di rotazione rigida significative. Tale strada potrebbe essere percorribile solo in caso si accertasse la possibilità di una correzione significativa mediante il controllo attivo (allo stato attuale tutta da verificare). L'incremento dello spessore della piastra per ridurre le deformate rigide aumenta lo stato coattivo nel pannello e le deformate conseguenti.

Sottolineiamo poi che la definizione dello spessore della piastra non può prescindere dalla verifica dello stato di sollecitazione di tale elemento nelle condizioni più gravose.

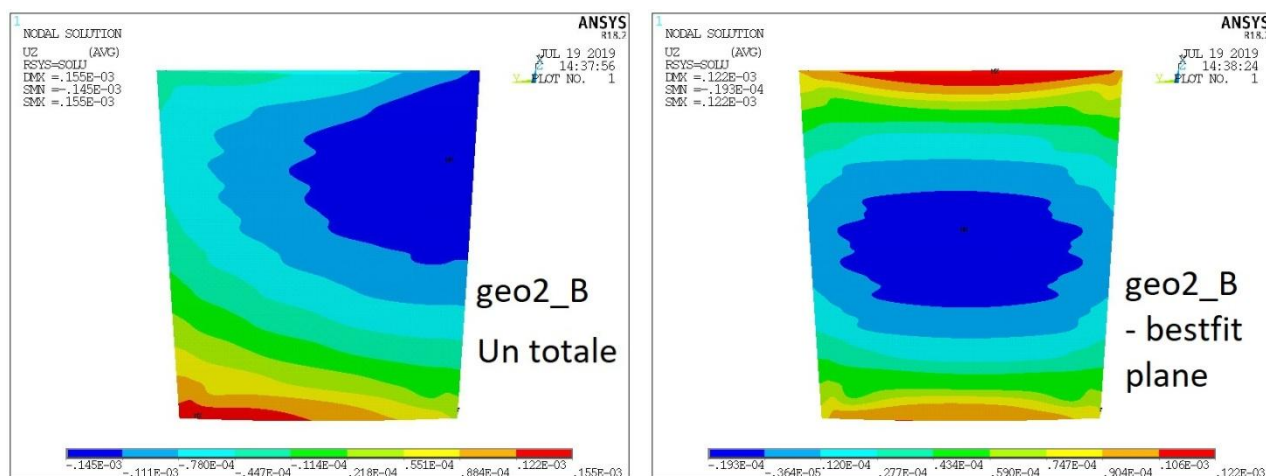


Figura 6-80— $\Delta T = +30^{\circ}\text{C}$ Uniforme - Configurazione geo2_B Linee di livello degli spostamenti normali totale (SX) e depurati dalle componenti di rototraslazione rigida (DX)

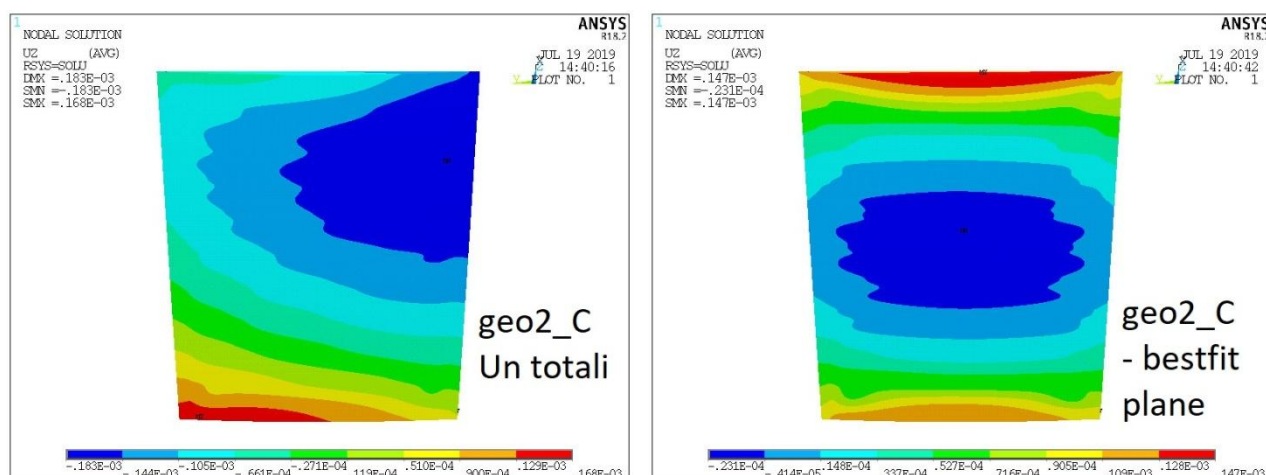


Figura 6-81— $\Delta T = +30^{\circ}\text{C}$ Uniforme - Configurazione geo2_C Linee di livello degli spostamenti normali totale (SX) e depurati dalle componenti di rototraslazione rigida (DX)

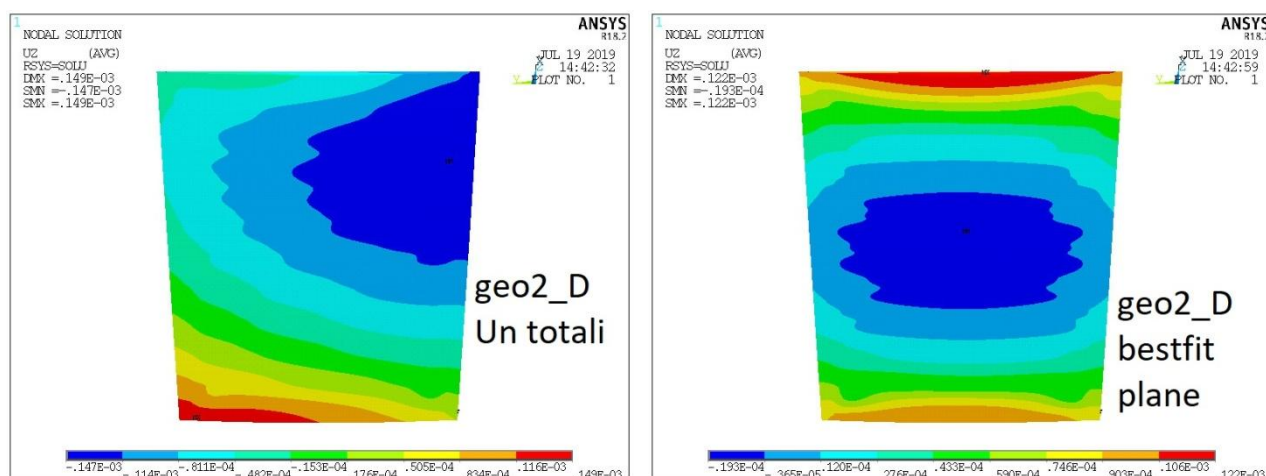


Figura 6-82— $\Delta T = +30^{\circ}\text{C}$ Uniforme - Configurazione geo2_D Linee di livello degli spostamenti normali totale (SX) e depurati dalle componenti di rototraslazione rigida (DX)

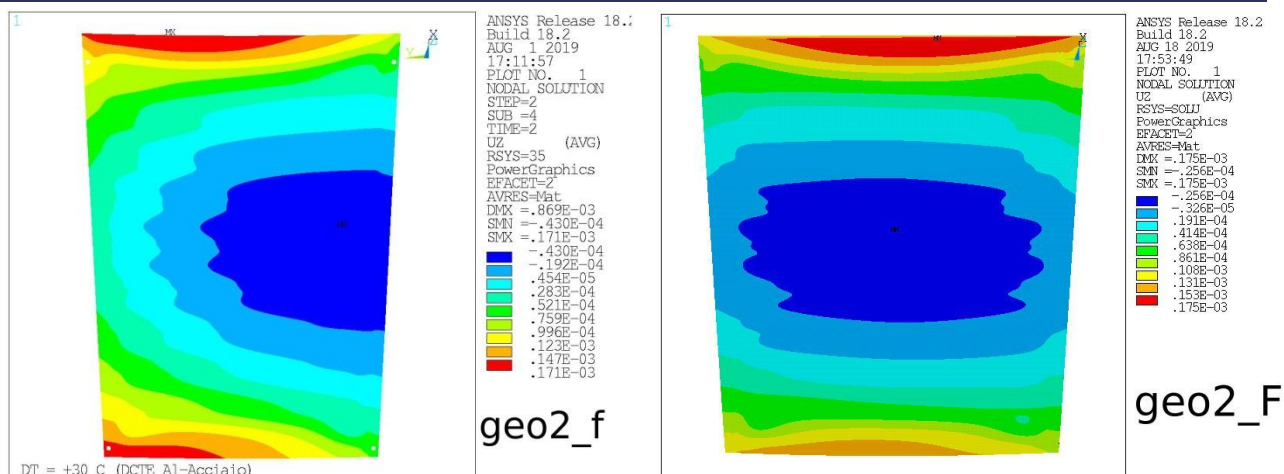


Figura 6-83— $\Delta T=+30^{\circ}\text{C}$ Uniforme - Configurazione geo2_F Linee di livello degli spostamenti normali totale (SX) e depurati dalle componenti di rototraslazione rigida (DX)

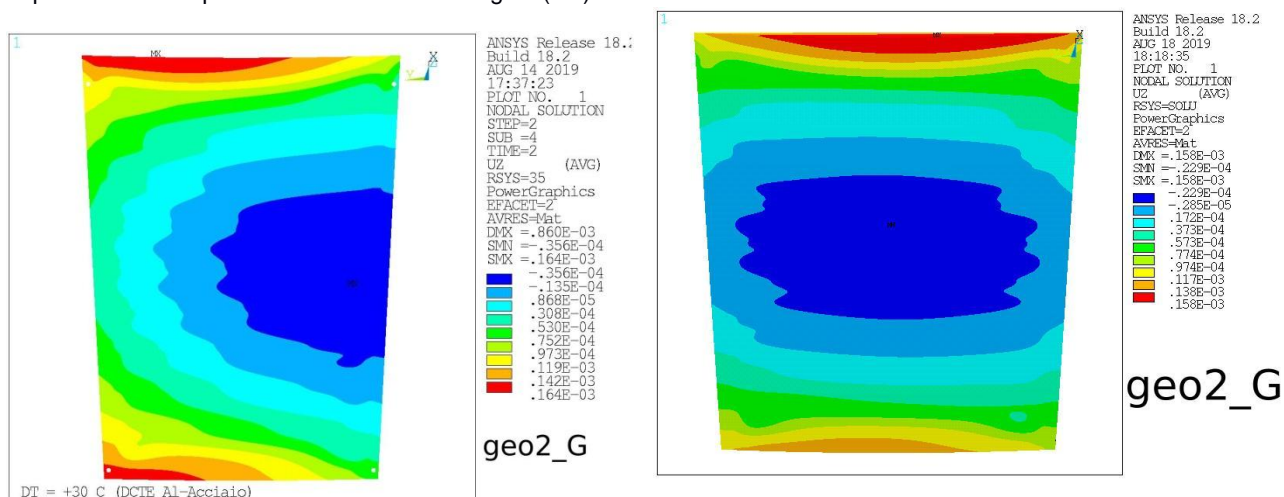


Figura 6-84— $\Delta T=+30^{\circ}\text{C}$ Uniforme - Configurazione geo2_G Linee di livello degli spostamenti normali totale (SX) e depurati dalle componenti di rototraslazione rigida (DX)

Due considerazioni prima di passare ad esaminare lo stato di sollecitazione:

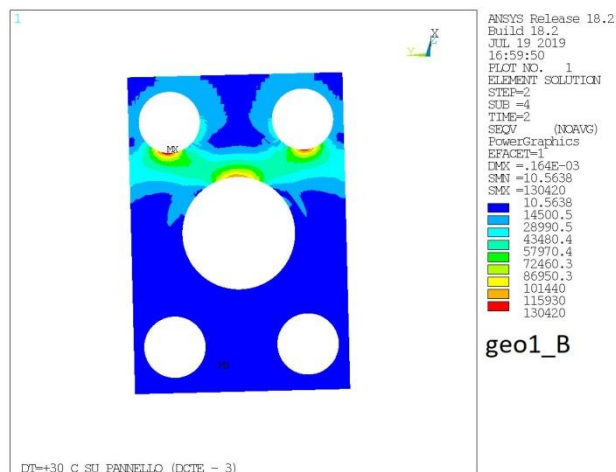
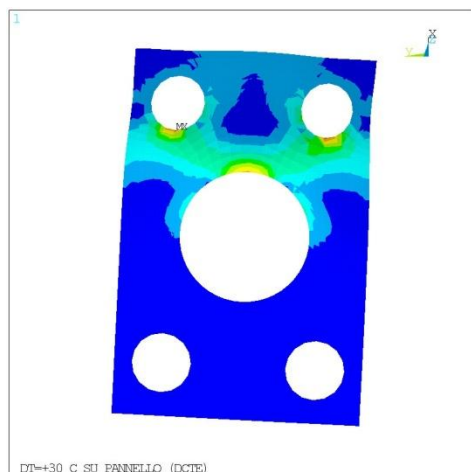
- Il fenomeno del tilt rigido innescato dalla deformabilità flessionale delle piastre di ancoraggio spezzoni interessa prevalentemente il VI ordine di pannelli. Esso è generato dall'anomalia sull'ancoraggio degli spezzoni esterni che, essendo connessi ai fori esterni della piastra invece che ai fori interni, determina un abbassamento del bordo libero della piastra (V. Figura 6-75 - DX). Gli ordini interni di pannelli (da II a V) hanno ancoraggi del tipo in Figura 6-75 – SX, per cui entrambi i bordi liberi della piastra si sollevano, evitando l'insorgere di grossi tilt rigidi anche se una certa componente di tilt sarà comunque generata dal fatto che, per la geometria dei pannelli, i bordi interno ed esterno si solleveranno di quantità diverse. Il comportamento del primo ordine di pannelli è da valutare in funzione del posizionamento degli spezzoni.
- La configurazione "caso_F" nasce con l'intento di eliminare l'anomalia geometrica che genera una componente di tilt rigido. Il contemporaneo irrigidimento dello spezzone determina l'incremento delle distorsioni di natura termica. Il successivo "caso_G" mitiga parzialmente tale effetto.

6.3.2. Stato di sforzo nelle piastre degli attuatori.

In Tabella 18 si riporta il picco di sforzo equivalente nelle piastre di ancoraggio degli attuatori. Anche in termini di sollecitazioni sulle piastre la configurazione G è vantaggiosa rispetto alla F in virtù delle minori coazioni termiche sugli spezzoni.

| configurazione | Sforzo equivalente massimo (von Mises) [MPa] |
|----------------|---|
| geo1_a | 150 |
| geo1_B | 130 |
| geo1_C | 166 |
| geo1_D | 132 |
| geo1_F | 154 |
| geo1_G | 133 |
| geo2_B | 106 |
| geo2_C | 130 |
| geo2_D | 107 |
| geo2_F | 145 |
| geo2_G | 127 |

Tabella 18 – $\Delta T = +30^{\circ}\text{C}$ Uniforme - Sforzi massimi nelle piastre di ancoraggio degli attuatori.



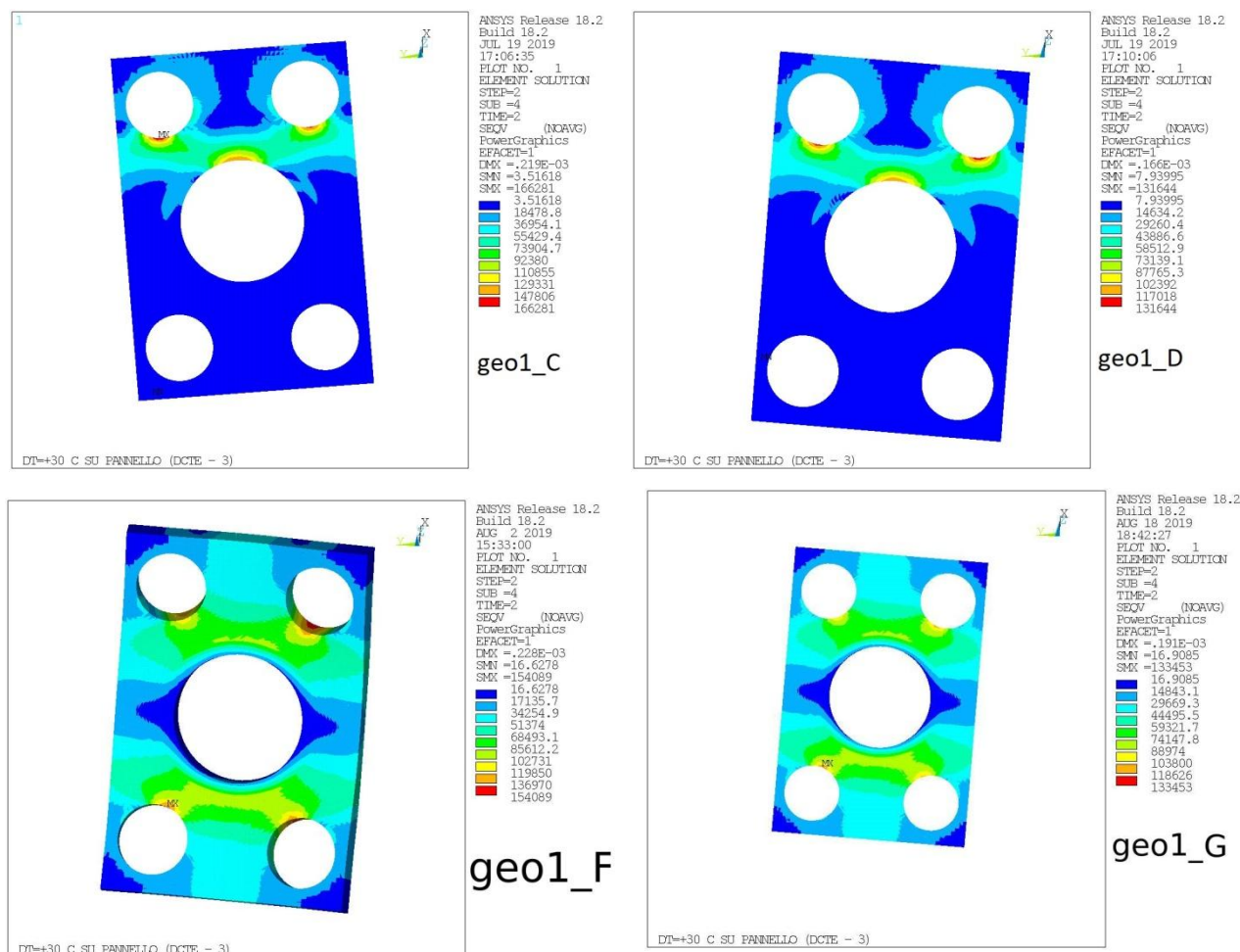


Figura 6-85– $\Delta T=+30^{\circ}\text{C}$ Uniforme - Sforzi equivalenti (von Mises) nelle piastre di ancoraggio degli spezzoni.

6.3.3. Azioni e sforzi massimi negli spezzoni di collegamento del pannello

Le azioni interne e gli sforzi nei quattro elementi che rappresentano gli spezzoni di ancoraggio del pannello sono riportati nel seguito.

Per comodità in *Tabella 19* riportiamo, per ogni configurazione, il valore del massimo momento flettente e dello sforzo massimo (in modulo) alla base degli spezzoni.

I risultati delle configurazioni geo1 confermano il notevole incremento delle coazioni di natura termica in caso di irrigidimento dei vincoli del pannello (piastra e/o spezzoni). L'incremento di sezione dello spezzone determina una riduzione dello sforzo massimo pur in presenza di un incremento del momento flettente.

Le configurazioni tipo geo2 confermano tale andamento qualitativo, con una notevole riduzione dello stato coattivo (e quindi degli sforzi negli spezzoni), in virtù della minor rigidità dei vincoli consentita dalla presenza dei piatti di nodo della falsa centina.

| Configurazione | Momento Massimo [kNcm] | Sforzo Massimo [kN/cm ²] |
|----------------|------------------------|--------------------------------------|
| geo1_a | 2.85 | 17.3 |
| geo1_B | 5.40 | 32.7 |
| geo1_C | 7.11 | 26.4 |
| geo1_D | 5.55 | 33.6 |
| geo1_F | 7.26 | 27.0 |
| geo1_G | 6.2 | 23.0 |
| geo2_B | 3.51 | 21.2 |

| Configurazione | Momento Massimo [kNcm] | Sforzo Massimo [kN/cm ²] |
|----------------|------------------------|--------------------------------------|
| geo2_C | 4.31 | 16.0 |
| geo2_D | 3.51 | 21.2 |
| geo2_F | 4.83 | 17.9 |
| geo2_G | 4.3 | 15.9 |

Tabella 19 – ΔT=+30°C Uniforme - Sforzi massimi negli spezzoni

6.3.3.1. Configurazione geo1_a

SFORZI NEGLI SPEZZONI DI ANCORAGGIO

ESTREMO INFERIORE

| ELEMENTO | Nx | Vy | Vz | Mt | My | Mz | M | V |
|----------|------------|------------|-----------|------------|------------|------------|------------------|------------------|
| 82841. | -0.227E-01 | -0.309E+00 | 0.293E+00 | -0.890E-15 | -0.162E-01 | -0.171E-01 | 0.235E-01 | 0.426E+00 |
| 83848. | -0.260E-01 | -0.330E+00 | 0.398E+00 | -0.228E-04 | -0.220E-01 | -0.182E-01 | 0.285E-01 | 0.517E+00 |
| 84790. | -0.260E-01 | 0.331E+00 | 0.398E+00 | 0.228E-04 | -0.220E-01 | 0.182E-01 | 0.285E-01 | 0.517E+00 |
| 85802. | -0.227E-01 | 0.309E+00 | 0.293E+00 | 0.122E-14 | -0.162E-01 | 0.171E-01 | 0.235E-01 | 0.426E+00 |
| MINIMI | -0.260E-01 | -0.330E+00 | 0.293E+00 | -0.228E-04 | -0.220E-01 | -0.182E-01 | 0.235E-01 | 0.426E+00 |
| MASSIMI | -0.227E-01 | 0.331E+00 | 0.398E+00 | 0.228E-04 | -0.162E-01 | 0.182E-01 | 0.285E-01 | 0.517E+00 |

| ELEMENTO | Sigma+ | Sigma- | Tau_V | Tau_T | Tau_tot |
|----------|------------------|-------------------|-----------|-----------|------------------|
| 82841. | 0.142E+06 | -0.143E+06 | 0.511E+04 | 0.269E-08 | 0.511E+04 |
| 83848. | 0.172E+06 | -0.173E+06 | 0.620E+04 | 0.688E+02 | 0.627E+04 |
| 84790. | 0.172E+06 | -0.173E+06 | 0.620E+04 | 0.688E+02 | 0.627E+04 |
| 85802. | 0.142E+06 | -0.143E+06 | 0.511E+04 | 0.367E-08 | 0.511E+04 |
| MINIMI | 0.142E+06 | -0.173E+06 | 0.511E+04 | 0.269E-08 | 0.511E+04 |
| MASSIMI | 0.172E+06 | -0.143E+06 | 0.620E+04 | 0.688E+02 | 0.627E+04 |

ESTREMO SUPERIORE

| ELEMENTO | Nx | Vy | Vz | Mt | My | Mz | M | V |
|----------|------------|------------|-----------|------------|------------|------------|-----------|-----------|
| 82841. | -0.227E-01 | -0.309E+00 | 0.293E+00 | -0.886E-15 | -0.125E-02 | -0.131E-02 | 0.181E-02 | 0.426E+00 |
| 83848. | -0.260E-01 | -0.330E+00 | 0.398E+00 | -0.228E-04 | -0.167E-02 | -0.139E-02 | 0.218E-02 | 0.517E+00 |
| 84790. | -0.260E-01 | 0.331E+00 | 0.398E+00 | 0.228E-04 | -0.167E-02 | 0.139E-02 | 0.218E-02 | 0.517E+00 |
| 85802. | -0.227E-01 | 0.309E+00 | 0.293E+00 | 0.120E-14 | -0.125E-02 | 0.131E-02 | 0.181E-02 | 0.426E+00 |
| MINIMI | -0.260E-01 | -0.330E+00 | 0.293E+00 | -0.228E-04 | -0.167E-02 | -0.139E-02 | 0.181E-02 | 0.426E+00 |
| MASSIM | -0.227E-01 | 0.331E+00 | 0.398E+00 | 0.228E-04 | -0.125E-02 | 0.139E-02 | 0.218E-02 | 0.517E+00 |

| ELEMENTO | Sigma+ | Sigma- | Tau_V | Tau_T | Tau_tot |
|----------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|
| 82841. | 0.296E+05 | -0.304E+05 | 0.100E+05 | 0.734E-08 | 0.100E+05 |
| 83848. | 0.356E+05 | -0.366E+05 | 0.121E+05 | 0.189E+03 | 0.123E+05 |
| 84790. | 0.356E+05 | -0.366E+05 | 0.121E+05 | 0.189E+03 | 0.123E+05 |
| 85802. | 0.296E+05 | -0.304E+05 | 0.100E+05 | 0.997E-08 | 0.100E+05 |
| MINIMI | 0.296E+05 | -0.366E+05 | 0.100E+05 | 0.734E-08 | 0.100E+05 |
| MASSIM | 0.356E+05 | -0.304E+05 | 0.121E+05 | 0.189E+03 | 0.123E+05 |

6.3.3.2. Configurazione geo1_B

SFORZI NEGLI SPEZZONI DI ANCORAGGIO

ESTREMO INFERIORE

| ELEMENTO | Nx | Vy | Vz | Mt | My | Mz | M | V |
|----------|------------|------------|-----------|------------|------------|------------|------------------|------------------|
| 84782. | -0.434E-01 | -0.605E+00 | 0.746E+00 | 0.333E-09 | -0.367E-01 | -0.298E-01 | 0.473E-01 | 0.960E+00 |
| 87831. | -0.464E-01 | -0.817E+00 | 0.733E+00 | -0.419E-04 | -0.361E-01 | -0.402E-01 | 0.540E-01 | 0.110E+01 |
| 90812. | -0.464E-01 | 0.817E+00 | 0.733E+00 | 0.419E-04 | -0.361E-01 | 0.402E-01 | 0.540E-01 | 0.110E+01 |
| 93741. | -0.434E-01 | 0.605E+00 | 0.746E+00 | -0.337E-09 | -0.367E-01 | 0.298E-01 | 0.473E-01 | 0.960E+00 |
| MINIMI | -0.464E-01 | -0.817E+00 | 0.733E+00 | -0.419E-04 | -0.367E-01 | -0.402E-01 | 0.473E-01 | 0.960E+00 |
| MASSIMI | -0.434E-01 | 0.817E+00 | 0.746E+00 | 0.419E-04 | -0.361E-01 | 0.402E-01 | 0.540E-01 | 0.110E+01 |

| ELEMENTO | Sigma+ | Sigma- | Tau_V | Tau_T | Tau_tot |
|----------|------------------|-------------------|-----------|-----------|------------------|
| 84782. | 0.285E+06 | -0.286E+06 | 0.115E+05 | 0.101E-02 | 0.115E+05 |
| 87831. | 0.326E+06 | -0.327E+06 | 0.132E+05 | 0.127E+03 | 0.133E+05 |
| 90812. | 0.326E+06 | -0.327E+06 | 0.132E+05 | 0.127E+03 | 0.133E+05 |
| 93741. | 0.285E+06 | -0.286E+06 | 0.115E+05 | 0.102E-02 | 0.115E+05 |
| MINIMI | 0.285E+06 | -0.327E+06 | 0.115E+05 | 0.101E-02 | 0.115E+05 |
| MASSIMI | 0.326E+06 | -0.286E+06 | 0.132E+05 | 0.127E+03 | 0.133E+05 |

ESTREMO SUPERIORE

| ELEMENTO | Nx | Vy | Vz | Mt | My | Mz | M | V |
|----------|------------|------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|-----------|
| 84782. | -0.434E-01 | -0.605E+00 | 0.746E+00 | 0.333E-09 | 0.131E-02 | 0.106E-02 | 0.168E-02 | 0.960E+00 |
| 87831. | -0.464E-01 | -0.817E+00 | 0.733E+00 | -0.419E-04 | 0.131E-02 | 0.146E-02 | 0.197E-02 | 0.110E+01 |
| 90812. | -0.464E-01 | 0.817E+00 | 0.733E+00 | 0.419E-04 | 0.131E-02 | -0.146E-02 | 0.197E-02 | 0.110E+01 |
| 93741. | -0.434E-01 | 0.605E+00 | 0.746E+00 | -0.337E-09 | 0.131E-02 | -0.106E-02 | 0.168E-02 | 0.960E+00 |

| | | | | | | | | |
|----------|------------|------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|-----------|
| MINIMI | -0.464E-01 | -0.817E+00 | 0.733E+00 | -0.419E-04 | 0.131E-02 | -0.146E-02 | 0.168E-02 | 0.960E+00 |
| MASSIM | -0.434E-01 | 0.817E+00 | 0.746E+00 | 0.419E-04 | 0.131E-02 | 0.146E-02 | 0.197E-02 | 0.110E+01 |
| ELEMENTO | Sigma+ | Sigma- | Tau_V | Tau_T | Tau_tot | | | |
| 84782. | 0.271E+05 | -0.287E+05 | 0.226E+05 | 0.276E-02 | 0.226E+05 | | | |
| 87831. | 0.318E+05 | -0.334E+05 | 0.258E+05 | 0.348E+03 | 0.261E+05 | | | |
| 90812. | 0.318E+05 | -0.334E+05 | 0.258E+05 | 0.348E+03 | 0.261E+05 | | | |
| 93741. | 0.271E+05 | -0.287E+05 | 0.226E+05 | 0.280E-02 | 0.226E+05 | | | |
| MINIMI | 0.271E+05 | -0.334E+05 | 0.226E+05 | 0.276E-02 | 0.226E+05 | | | |
| MASSIM | 0.318E+05 | -0.287E+05 | 0.258E+05 | 0.348E+03 | 0.261E+05 | | | |

6.3.3.3. Configurazione geo1_C

SFORZI NEGLI SPEZZONI DI ANCORAGGIO

ESTREMO INFERIORE

| | | | | | | | | |
|----------|------------|------------|-----------|------------|------------|------------|------------------|------------------|
| ELEMENTO | Nx | Vy | Vz | Mt | My | Mz | M | V |
| 84782. | -0.561E-01 | -0.790E+00 | 0.945E+00 | 0.195E-10 | -0.466E-01 | -0.389E-01 | 0.607E-01 | 0.123E+01 |
| 87831. | -0.621E-01 | -0.104E+01 | 0.100E+01 | -0.574E-04 | -0.493E-01 | -0.512E-01 | 0.711E-01 | 0.144E+01 |
| 90812. | -0.621E-01 | 0.104E+01 | 0.100E+01 | 0.574E-04 | -0.493E-01 | 0.512E-01 | 0.711E-01 | 0.144E+01 |
| 93741. | -0.561E-01 | 0.790E+00 | 0.945E+00 | -0.401E-10 | -0.466E-01 | 0.389E-01 | 0.607E-01 | 0.123E+01 |
| MINIMI | -0.621E-01 | -0.104E+01 | 0.945E+00 | -0.574E-04 | -0.493E-01 | -0.512E-01 | 0.607E-01 | 0.123E+01 |
| MASSIMI | -0.561E-01 | 0.104E+01 | 0.100E+01 | 0.574E-04 | -0.466E-01 | 0.512E-01 | 0.711E-01 | 0.144E+01 |

| | | | | | |
|----------|------------------|-------------------|-----------|-----------|------------------|
| ELEMENTO | Sigma+ | Sigma- | Tau_V | Tau_T | Tau_tot |
| 84782. | 0.225E+06 | -0.226E+06 | 0.107E+05 | 0.362E-04 | 0.107E+05 |
| 87831. | 0.263E+06 | -0.264E+06 | 0.125E+05 | 0.106E+03 | 0.126E+05 |
| 90812. | 0.263E+06 | -0.264E+06 | 0.125E+05 | 0.106E+03 | 0.126E+05 |
| 93741. | 0.225E+06 | -0.226E+06 | 0.107E+05 | 0.744E-04 | 0.107E+05 |
| MINIMI | 0.225E+06 | -0.264E+06 | 0.107E+05 | 0.362E-04 | 0.107E+05 |
| MASSIMI | 0.263E+06 | -0.226E+06 | 0.125E+05 | 0.106E+03 | 0.126E+05 |

ESTREMO SUPERIORE

| | | | | | | | | |
|----------|------------|------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|-----------|
| ELEMENTO | Nx | Vy | Vz | Mt | My | Mz | M | V |
| 84782. | -0.561E-01 | -0.790E+00 | 0.945E+00 | 0.195E-10 | 0.166E-02 | 0.138E-02 | 0.216E-02 | 0.123E+01 |
| 87831. | -0.621E-01 | -0.104E+01 | 0.100E+01 | -0.574E-04 | 0.180E-02 | 0.186E-02 | 0.259E-02 | 0.144E+01 |
| 90812. | -0.621E-01 | 0.104E+01 | 0.100E+01 | 0.574E-04 | 0.180E-02 | -0.186E-02 | 0.259E-02 | 0.144E+01 |
| 93741. | -0.561E-01 | 0.790E+00 | 0.945E+00 | -0.401E-10 | 0.166E-02 | -0.138E-02 | 0.216E-02 | 0.123E+01 |
| MINIMI | -0.621E-01 | -0.104E+01 | 0.945E+00 | -0.574E-04 | 0.166E-02 | -0.186E-02 | 0.216E-02 | 0.123E+01 |
| MASSIM | -0.561E-01 | 0.104E+01 | 0.100E+01 | 0.574E-04 | 0.180E-02 | 0.186E-02 | 0.259E-02 | 0.144E+01 |

| | | | | | |
|----------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|
| ELEMENTO | Sigma+ | Sigma- | Tau_V | Tau_T | Tau_tot |
| 84782. | 0.348E+05 | -0.368E+05 | 0.289E+05 | 0.162E-03 | 0.289E+05 |
| 87831. | 0.418E+05 | -0.440E+05 | 0.339E+05 | 0.476E+03 | 0.344E+05 |
| 90812. | 0.418E+05 | -0.440E+05 | 0.339E+05 | 0.476E+03 | 0.344E+05 |
| 93741. | 0.348E+05 | -0.368E+05 | 0.289E+05 | 0.332E-03 | 0.289E+05 |
| MINIMI | 0.348E+05 | -0.440E+05 | 0.289E+05 | 0.162E-03 | 0.289E+05 |
| MASSIM | 0.418E+05 | -0.368E+05 | 0.339E+05 | 0.476E+03 | 0.344E+05 |

6.3.3.4. Configurazione geo1_D

SFORZI NEGLI SPEZZONI DI ANCORAGGIO

ESTREMO INFERIORE

| | | | | | | | | |
|----------|------------|------------|-----------|------------|------------|------------|------------------|------------------|
| ELEMENTO | Nx | Vy | Vz | Mt | My | Mz | M | V |
| 85280. | -0.448E-01 | -0.654E+00 | 0.741E+00 | 0.404E-09 | -0.365E-01 | -0.322E-01 | 0.487E-01 | 0.988E+00 |
| 88329. | -0.477E-01 | -0.817E+00 | 0.776E+00 | -0.444E-04 | -0.382E-01 | -0.402E-01 | 0.555E-01 | 0.113E+01 |
| 91310. | -0.477E-01 | 0.817E+00 | 0.776E+00 | 0.444E-04 | -0.382E-01 | 0.402E-01 | 0.555E-01 | 0.113E+01 |
| 94239. | -0.448E-01 | 0.654E+00 | 0.741E+00 | -0.419E-09 | -0.365E-01 | 0.322E-01 | 0.487E-01 | 0.988E+00 |
| MINIMI | -0.477E-01 | -0.817E+00 | 0.741E+00 | -0.444E-04 | -0.382E-01 | -0.402E-01 | 0.487E-01 | 0.988E+00 |
| MASSIMI | -0.448E-01 | 0.817E+00 | 0.776E+00 | 0.444E-04 | -0.365E-01 | 0.402E-01 | 0.555E-01 | 0.113E+01 |

| | | | | | |
|----------|------------------|-------------------|-----------|-----------|------------------|
| ELEMENTO | Sigma+ | Sigma- | Tau_V | Tau_T | Tau_tot |
| 85280. | 0.294E+06 | -0.295E+06 | 0.118E+05 | 0.122E-02 | 0.118E+05 |
| 88329. | 0.335E+06 | -0.336E+06 | 0.135E+05 | 0.134E+03 | 0.136E+05 |
| 91310. | 0.335E+06 | -0.336E+06 | 0.135E+05 | 0.134E+03 | 0.136E+05 |
| 94239. | 0.294E+06 | -0.295E+06 | 0.118E+05 | 0.127E-02 | 0.118E+05 |
| MINIMI | 0.294E+06 | -0.336E+06 | 0.118E+05 | 0.122E-02 | 0.118E+05 |
| MASSIMI | 0.335E+06 | -0.295E+06 | 0.135E+05 | 0.134E+03 | 0.136E+05 |

ESTREMO SUPERIORE

| | | | | | | | | |
|----------|------------|------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|-----------|
| ELEMENTO | Nx | Vy | Vz | Mt | My | Mz | M | V |
| 85280. | -0.448E-01 | -0.654E+00 | 0.741E+00 | 0.404E-09 | 0.130E-02 | 0.115E-02 | 0.173E-02 | 0.988E+00 |
| 88329. | -0.477E-01 | -0.817E+00 | 0.776E+00 | -0.444E-04 | 0.139E-02 | 0.146E-02 | 0.202E-02 | 0.113E+01 |
| 91310. | -0.477E-01 | 0.817E+00 | 0.776E+00 | 0.444E-04 | 0.139E-02 | -0.146E-02 | 0.202E-02 | 0.113E+01 |

| | | | | | | | | |
|--------|------------|------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|-----------|
| 94239. | -0.448E-01 | 0.654E+00 | 0.741E+00 | -0.419E-09 | 0.130E-02 | -0.115E-02 | 0.173E-02 | 0.988E+00 |
| MINIMI | -0.477E-01 | -0.817E+00 | 0.741E+00 | -0.444E-04 | 0.130E-02 | -0.146E-02 | 0.173E-02 | 0.988E+00 |
| MASSIM | -0.448E-01 | 0.817E+00 | 0.776E+00 | 0.444E-04 | 0.139E-02 | 0.146E-02 | 0.202E-02 | 0.113E+01 |

| ELEMENTO | Sigma+ | Sigma- | Tau_V | Tau_T | Tau_tot |
|----------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|
| 85280. | 0.279E+05 | -0.295E+05 | 0.232E+05 | 0.335E-02 | 0.232E+05 |
| 88329. | 0.327E+05 | -0.344E+05 | 0.265E+05 | 0.368E+03 | 0.269E+05 |
| 91310. | 0.327E+05 | -0.344E+05 | 0.265E+05 | 0.368E+03 | 0.268E+05 |
| 94239. | 0.279E+05 | -0.295E+05 | 0.232E+05 | 0.347E-02 | 0.232E+05 |
| MINIMI | 0.279E+05 | -0.344E+05 | 0.232E+05 | 0.335E-02 | 0.232E+05 |
| MASSIM | 0.327E+05 | -0.295E+05 | 0.265E+05 | 0.368E+03 | 0.269E+05 |

6.3.3.5. Configurazione geo1_F

| SFORZI NEGLI SPEZZONI DI ANCORAGGIO | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|------------|------------|-----------|------------|------------|------------|-----------|-----------|--|
| ESTREMO INFERIORE | | | | | | | | | |
| ELEMENTO | Nx | Vy | Vz | Mt | My | Mz | M | V | |
| 85244. | -0.664E-01 | -0.107E+01 | 0.102E+01 | 0.780E-09 | -0.502E-01 | -0.525E-01 | 0.726E-01 | 0.147E+01 | |
| 88292. | -0.635E-01 | -0.113E+01 | 0.934E+00 | -0.540E-04 | -0.456E-01 | -0.550E-01 | 0.715E-01 | 0.146E+01 | |
| 91275. | -0.635E-01 | 0.113E+01 | 0.934E+00 | 0.540E-04 | -0.456E-01 | 0.550E-01 | 0.715E-01 | 0.146E+01 | |
| 94203. | -0.664E-01 | 0.107E+01 | 0.102E+01 | -0.778E-09 | -0.502E-01 | 0.525E-01 | 0.726E-01 | 0.147E+01 | |
| MINIMI | -0.664E-01 | -0.113E+01 | 0.934E+00 | -0.540E-04 | -0.502E-01 | -0.550E-01 | 0.715E-01 | 0.146E+01 | |
| MASSIMI | -0.635E-01 | 0.113E+01 | 0.102E+01 | 0.540E-04 | -0.456E-01 | 0.550E-01 | 0.726E-01 | 0.147E+01 | |

| ELEMENTO | Sigma+ | Sigma- | Tau_V | Tau_T | Tau_tot |
|----------|------------------|-------------------|-----------|-----------|-----------|
| 85244. | 0.269E+06 | -0.270E+06 | 0.128E+05 | 0.145E-02 | 0.128E+05 |
| 88292. | 0.265E+06 | -0.266E+06 | 0.127E+05 | 0.100E+03 | 0.128E+05 |
| 91275. | 0.265E+06 | -0.266E+06 | 0.127E+05 | 0.100E+03 | 0.128E+05 |
| 94203. | 0.269E+06 | -0.270E+06 | 0.128E+05 | 0.144E-02 | 0.128E+05 |
| MINIMI | 0.265E+06 | -0.270E+06 | 0.127E+05 | 0.144E-02 | 0.128E+05 |
| MASSIMI | 0.269E+06 | -0.266E+06 | 0.128E+05 | 0.100E+03 | 0.128E+05 |

| ESTREMO SUPERIORE | | | | | | | | | |
|-------------------|------------|------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|-----------|--|
| ELEMENTO | Nx | Vy | Vz | Mt | My | Mz | M | V | |
| 85244. | -0.664E-01 | -0.107E+01 | 0.102E+01 | 0.780E-09 | 0.179E-02 | 0.187E-02 | 0.258E-02 | 0.147E+01 | |
| 88292. | -0.635E-01 | -0.113E+01 | 0.934E+00 | -0.540E-04 | 0.201E-02 | 0.242E-02 | 0.315E-02 | 0.146E+01 | |
| 91275. | -0.635E-01 | 0.113E+01 | 0.934E+00 | 0.540E-04 | 0.201E-02 | -0.242E-02 | 0.315E-02 | 0.146E+01 | |
| 94203. | -0.664E-01 | 0.107E+01 | 0.102E+01 | -0.778E-09 | 0.179E-02 | -0.187E-02 | 0.258E-02 | 0.147E+01 | |
| MINIMI | -0.664E-01 | -0.113E+01 | 0.934E+00 | -0.540E-04 | 0.179E-02 | -0.242E-02 | 0.258E-02 | 0.146E+01 | |
| MASSIM | -0.635E-01 | 0.113E+01 | 0.102E+01 | 0.540E-04 | 0.201E-02 | 0.242E-02 | 0.315E-02 | 0.147E+01 | |

| ELEMENTO | Sigma+ | Sigma- | Tau_V | Tau_T | Tau_tot |
|----------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|
| 85244. | 0.191E+05 | -0.205E+05 | 0.207E+05 | 0.299E-02 | 0.207E+05 |
| 88292. | 0.234E+05 | -0.247E+05 | 0.205E+05 | 0.207E+03 | 0.207E+05 |
| 91275. | 0.234E+05 | -0.247E+05 | 0.205E+05 | 0.207E+03 | 0.207E+05 |
| 94203. | 0.191E+05 | -0.205E+05 | 0.207E+05 | 0.298E-02 | 0.207E+05 |
| MINIMI | 0.191E+05 | -0.247E+05 | 0.205E+05 | 0.298E-02 | 0.207E+05 |
| MASSIM | 0.234E+05 | -0.205E+05 | 0.207E+05 | 0.207E+03 | 0.207E+05 |

6.3.3.6. Configurazione geo1_G

| SFORZI NEGLI SPEZZONI DI ANCORAGGIO | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|------------|------------|-----------|------------|------------|------------|-----------|-----------|--|
| ESTREMO INFERIORE | | | | | | | | | |
| ELEMENTO | Nx | Vy | Vz | Mt | My | Mz | M | V | |
| 85244. | -0.562E-01 | -0.878E+00 | 0.898E+00 | 0.673E-09 | -0.442E-01 | -0.432E-01 | 0.619E-01 | 0.126E+01 | |
| 88292. | -0.544E-01 | -0.987E+00 | 0.791E+00 | -0.457E-04 | -0.386E-01 | -0.482E-01 | 0.618E-01 | 0.126E+01 | |
| 91275. | -0.544E-01 | 0.987E+00 | 0.791E+00 | 0.457E-04 | -0.386E-01 | 0.482E-01 | 0.618E-01 | 0.126E+01 | |
| 94203. | -0.562E-01 | 0.878E+00 | 0.898E+00 | -0.672E-09 | -0.442E-01 | 0.432E-01 | 0.619E-01 | 0.126E+01 | |
| MINIMI | -0.562E-01 | -0.987E+00 | 0.791E+00 | -0.457E-04 | -0.442E-01 | -0.482E-01 | 0.618E-01 | 0.126E+01 | |
| MASSIMI | -0.544E-01 | 0.987E+00 | 0.898E+00 | 0.457E-04 | -0.386E-01 | 0.482E-01 | 0.619E-01 | 0.126E+01 | |

| ELEMENTO | Sigma+ | Sigma- | Tau_V | Tau_T | Tau_tot |
|----------|-----------|-------------------|-----------|-----------|-----------|
| 85244. | 0.229E+06 | -0.230E+06 | 0.109E+05 | 0.125E-02 | 0.109E+05 |
| 88292. | 0.229E+06 | -0.230E+06 | 0.110E+05 | 0.849E+02 | 0.110E+05 |
| 91275. | 0.229E+06 | -0.230E+06 | 0.110E+05 | 0.849E+02 | 0.110E+05 |
| 94203. | 0.229E+06 | -0.230E+06 | 0.109E+05 | 0.125E-02 | 0.109E+05 |
| MINIMI | 0.229E+06 | -0.230E+06 | 0.109E+05 | 0.125E-02 | 0.109E+05 |
| MASSIMI | 0.229E+06 | -0.230E+06 | 0.110E+05 | 0.849E+02 | 0.110E+05 |

| ESTREMO SUPERIORE | | | | | | | | | |
|-------------------|------------|------------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|--|
| ELEMENTO | Nx | Vy | Vz | Mt | My | Mz | M | V | |
| 85244. | -0.562E-01 | -0.878E+00 | 0.898E+00 | 0.673E-09 | 0.157E-02 | 0.154E-02 | 0.220E-02 | 0.126E+01 | |
| 88292. | -0.544E-01 | -0.987E+00 | 0.791E+00 | -0.457E-04 | 0.170E-02 | 0.212E-02 | 0.272E-02 | 0.126E+01 | |

| | | | | | | | | |
|--------|------------|------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|-----------|
| 91275. | -0.544E-01 | 0.987E+00 | 0.791E+00 | 0.457E-04 | 0.170E-02 | -0.212E-02 | 0.272E-02 | 0.126E+01 |
| 94203. | -0.562E-01 | 0.878E+00 | 0.898E+00 | -0.672E-09 | 0.157E-02 | -0.154E-02 | 0.220E-02 | 0.126E+01 |
| MINIMI | -0.562E-01 | -0.987E+00 | 0.791E+00 | -0.457E-04 | 0.157E-02 | -0.212E-02 | 0.220E-02 | 0.126E+01 |
| MASSIM | -0.544E-01 | 0.987E+00 | 0.898E+00 | 0.457E-04 | 0.170E-02 | 0.212E-02 | 0.272E-02 | 0.126E+01 |

| ELEMENTO | Sigma+ | Sigma- | Tau_V | Tau_T | Tau_tot |
|----------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|
| 85244. | 0.355E+05 | -0.375E+05 | 0.295E+05 | 0.558E-02 | 0.295E+05 |
| 88292. | 0.441E+05 | -0.461E+05 | 0.297E+05 | 0.379E+03 | 0.301E+05 |
| 91275. | 0.441E+05 | -0.461E+05 | 0.297E+05 | 0.379E+03 | 0.301E+05 |
| 94203. | 0.355E+05 | -0.375E+05 | 0.295E+05 | 0.557E-02 | 0.295E+05 |
| MINIMI | 0.355E+05 | -0.461E+05 | 0.295E+05 | 0.557E-02 | 0.295E+05 |
| MASSIM | 0.441E+05 | -0.375E+05 | 0.297E+05 | 0.379E+03 | 0.301E+05 |

6.3.3.7. Configurazione geo2_B

SFORZI NEGLI SPEZZONI DI ANCORAGGIO
ESTREMO INFERIORE

| ELEMENTO | Nx | Vy | Vz | Mt | My | Mz | M | V |
|----------|------------|------------|-----------|------------|------------|------------|------------------|------------------|
| 84782. | -0.230E-01 | -0.668E-01 | 0.634E+00 | -0.105E-09 | -0.312E-01 | -0.329E-02 | 0.314E-01 | 0.638E+00 |
| 78831. | -0.216E-01 | -0.707E+00 | 0.987E-01 | -0.565E-05 | -0.486E-02 | -0.348E-01 | 0.351E-01 | 0.713E+00 |
| 90812. | -0.197E-01 | 0.649E+00 | 0.557E-01 | 0.319E-05 | -0.274E-02 | 0.319E-01 | 0.320E-01 | 0.651E+00 |
| 93741. | -0.255E-01 | 0.116E+00 | 0.703E+00 | 0.473E-10 | -0.346E-01 | 0.573E-02 | 0.351E-01 | 0.712E+00 |
| MINIMI | -0.255E-01 | -0.707E+00 | 0.557E-01 | -0.565E-05 | -0.346E-01 | -0.348E-01 | 0.314E-01 | 0.638E+00 |
| MASSIMI | -0.197E-01 | 0.649E+00 | 0.703E+00 | 0.319E-05 | -0.274E-02 | 0.319E-01 | 0.351E-01 | 0.713E+00 |

| ELEMENTO | Sigma+ | Sigma- | Tau_V | Tau_T | Tau_tot |
|----------|------------------|-------------------|-----------|-----------|------------------|
| 84782. | 0.190E+06 | -0.190E+06 | 0.765E+04 | 0.317E-03 | 0.765E+04 |
| 78831. | 0.212E+06 | -0.212E+06 | 0.855E+04 | 0.171E+02 | 0.857E+04 |
| 90812. | 0.194E+06 | -0.194E+06 | 0.781E+04 | 0.964E+01 | 0.782E+04 |
| 93741. | 0.212E+06 | -0.212E+06 | 0.854E+04 | 0.143E-03 | 0.854E+04 |
| MINIMI | 0.190E+06 | -0.212E+06 | 0.765E+04 | 0.143E-03 | 0.765E+04 |
| MASSIMI | 0.212E+06 | -0.190E+06 | 0.855E+04 | 0.171E+02 | 0.857E+04 |

ESTREMO SUPERIORE

| ELEMENTO | Nx | Vy | Vz | Mt | My | Mz | M | V |
|----------|------------|------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|-----------|
| 84782. | -0.230E-01 | -0.668E-01 | 0.634E+00 | -0.105E-09 | 0.111E-02 | 0.117E-03 | 0.112E-02 | 0.638E+00 |
| 78831. | -0.216E-01 | -0.707E+00 | 0.987E-01 | -0.565E-05 | 0.177E-03 | 0.127E-02 | 0.128E-02 | 0.713E+00 |
| 90812. | -0.197E-01 | 0.649E+00 | 0.557E-01 | 0.319E-05 | 0.999E-04 | -0.116E-02 | 0.117E-02 | 0.651E+00 |
| 93741. | -0.255E-01 | 0.116E+00 | 0.703E+00 | 0.473E-10 | 0.123E-02 | -0.204E-03 | 0.125E-02 | 0.712E+00 |
| MINIMI | -0.255E-01 | -0.707E+00 | 0.557E-01 | -0.565E-05 | 0.999E-04 | -0.116E-02 | 0.112E-02 | 0.638E+00 |
| MASSIM | -0.197E-01 | 0.649E+00 | 0.703E+00 | 0.319E-05 | 0.123E-02 | 0.127E-02 | 0.128E-02 | 0.713E+00 |

| ELEMENTO | Sigma+ | Sigma- | Tau_V | Tau_T | Tau_tot |
|----------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|
| 84782. | 0.181E+05 | -0.189E+05 | 0.150E+05 | 0.870E-03 | 0.150E+05 |
| 78831. | 0.208E+05 | -0.216E+05 | 0.168E+05 | 0.468E+02 | 0.168E+05 |
| 90812. | 0.190E+05 | -0.197E+05 | 0.153E+05 | 0.265E+02 | 0.153E+05 |
| 93741. | 0.202E+05 | -0.211E+05 | 0.167E+05 | 0.392E-03 | 0.167E+05 |
| MINIMI | 0.181E+05 | -0.216E+05 | 0.150E+05 | 0.392E-03 | 0.150E+05 |
| MASSIM | 0.208E+05 | -0.189E+05 | 0.168E+05 | 0.468E+02 | 0.168E+05 |

6.3.3.8. Configurazione geo2_C

SFORZI NEGLI SPEZZONI DI ANCORAGGIO
ESTREMO INFERIORE

| ELEMENTO | Nx | Vy | Vz | Mt | My | Mz | M | V |
|----------|------------|------------|-----------|------------|------------|------------|------------------|------------------|
| 84782. | -0.275E-01 | -0.588E-01 | 0.772E+00 | -0.261E-09 | -0.380E-01 | -0.290E-02 | 0.381E-01 | 0.774E+00 |
| 78831. | -0.262E-01 | -0.862E+00 | 0.113E+00 | -0.648E-05 | -0.557E-02 | -0.424E-01 | 0.428E-01 | 0.870E+00 |
| 90812. | -0.240E-01 | 0.796E+00 | 0.579E-01 | 0.331E-05 | -0.285E-02 | 0.392E-01 | 0.393E-01 | 0.798E+00 |
| 93741. | -0.310E-01 | 0.122E+00 | 0.867E+00 | 0.429E-09 | -0.427E-01 | 0.603E-02 | 0.431E-01 | 0.876E+00 |
| MINIMI | -0.310E-01 | -0.862E+00 | 0.579E-01 | -0.648E-05 | -0.427E-01 | -0.424E-01 | 0.381E-01 | 0.774E+00 |
| MASSIMI | -0.240E-01 | 0.796E+00 | 0.867E+00 | 0.331E-05 | -0.285E-02 | 0.392E-01 | 0.431E-01 | 0.876E+00 |

| ELEMENTO | Sigma+ | Sigma- | Tau_V | Tau_T | Tau_tot |
|----------|------------------|-------------------|-----------|-----------|------------------|
| 84782. | 0.141E+06 | -0.142E+06 | 0.670E+04 | 0.485E-03 | 0.670E+04 |
| 78831. | 0.159E+06 | -0.159E+06 | 0.753E+04 | 0.120E+02 | 0.754E+04 |
| 90812. | 0.146E+06 | -0.146E+06 | 0.691E+04 | 0.615E+01 | 0.692E+04 |
| 93741. | 0.160E+06 | -0.160E+06 | 0.758E+04 | 0.797E-03 | 0.758E+04 |
| MINIMI | 0.141E+06 | -0.160E+06 | 0.670E+04 | 0.485E-03 | 0.670E+04 |
| MASSIMI | 0.160E+06 | -0.142E+06 | 0.758E+04 | 0.120E+02 | 0.758E+04 |

ESTREMO SUPERIORE

| ELEMENTO | Nx | Vy | Vz | Mt | My | Mz | M | V |
|----------|------------|------------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 84782. | -0.275E-01 | -0.588E-01 | 0.772E+00 | -0.261E-09 | 0.135E-02 | 0.103E-03 | 0.135E-02 | 0.774E+00 |
| 78831. | -0.262E-01 | -0.862E+00 | 0.113E+00 | -0.648E-05 | 0.203E-03 | 0.154E-02 | 0.156E-02 | 0.870E+00 |

| | | | | | | | | |
|--------|------------|------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|-----------|
| 90812. | -0.240E-01 | 0.796E+00 | 0.579E-01 | 0.331E-05 | 0.104E-03 | -0.142E-02 | 0.143E-02 | 0.798E+00 |
| 93741. | -0.310E-01 | 0.122E+00 | 0.867E+00 | 0.429E-09 | 0.152E-02 | -0.215E-03 | 0.153E-02 | 0.876E+00 |
| MINIMI | -0.310E-01 | -0.862E+00 | 0.579E-01 | -0.648E-05 | 0.104E-03 | -0.142E-02 | 0.135E-02 | 0.774E+00 |
| MASSIM | -0.240E-01 | 0.796E+00 | 0.867E+00 | 0.331E-05 | 0.152E-02 | 0.154E-02 | 0.156E-02 | 0.876E+00 |

| ELEMENTO | Sigma+ | Sigma- | Tau_V | Tau_T | Tau_tot |
|----------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|
| 84782. | 0.220E+05 | -0.230E+05 | 0.182E+05 | 0.217E-02 | 0.182E+05 |
| 87831. | 0.254E+05 | -0.263E+05 | 0.204E+05 | 0.537E+02 | 0.205E+05 |
| 90812. | 0.233E+05 | -0.241E+05 | 0.187E+05 | 0.275E+02 | 0.188E+05 |
| 93741. | 0.249E+05 | -0.260E+05 | 0.206E+05 | 0.356E-02 | 0.206E+05 |
| MINIMI | 0.220E+05 | -0.263E+05 | 0.182E+05 | 0.217E-02 | 0.182E+05 |
| MASSIM | 0.254E+05 | -0.230E+05 | 0.206E+05 | 0.537E+02 | 0.206E+05 |

6.3.3.9. Configurazione geo2_D

SFORZI NEGLI SPEZZONI DI ANCORAGGIO

ESTREMO INFERIORE

| ELEMENTO | Nx | Vy | Vz | Mt | My | Mz | M | V |
|----------|------------|------------|-----------|------------|------------|------------|------------------|------------------|
| 85280. | -0.230E-01 | -0.665E-01 | 0.634E+00 | -0.977E-10 | -0.312E-01 | -0.328E-02 | 0.314E-01 | 0.637E+00 |
| 88329. | -0.216E-01 | -0.707E+00 | 0.990E-01 | -0.567E-05 | -0.487E-02 | -0.348E-01 | 0.351E-01 | 0.714E+00 |
| 91310. | -0.197E-01 | 0.648E+00 | 0.557E-01 | 0.319E-05 | -0.274E-02 | 0.319E-01 | 0.320E-01 | 0.651E+00 |
| 94239. | -0.255E-01 | 0.116E+00 | 0.703E+00 | 0.276E-10 | -0.346E-01 | 0.574E-02 | 0.351E-01 | 0.712E+00 |
| MINIMI | -0.255E-01 | -0.707E+00 | 0.557E-01 | -0.567E-05 | -0.346E-01 | -0.348E-01 | 0.314E-01 | 0.637E+00 |
| MASSIMI | -0.197E-01 | 0.648E+00 | 0.703E+00 | 0.319E-05 | -0.274E-02 | 0.319E-01 | 0.351E-01 | 0.714E+00 |

| ELEMENTO | Sigma+ | Sigma- | Tau_V | Tau_T | Tau_tot |
|----------|------------------|-------------------|-----------|-----------|------------------|
| 85280. | 0.190E+06 | -0.190E+06 | 0.764E+04 | 0.295E-03 | 0.764E+04 |
| 88329. | 0.212E+06 | -0.212E+06 | 0.856E+04 | 0.171E+02 | 0.857E+04 |
| 91310. | 0.193E+06 | -0.194E+06 | 0.780E+04 | 0.963E+01 | 0.781E+04 |
| 94239. | 0.212E+06 | -0.212E+06 | 0.854E+04 | 0.834E-04 | 0.854E+04 |
| MINIMI | 0.190E+06 | -0.212E+06 | 0.764E+04 | 0.834E-04 | 0.764E+04 |
| MASSIMI | 0.212E+06 | -0.190E+06 | 0.856E+04 | 0.171E+02 | 0.857E+04 |

ESTREMO SUPERIORE

| ELEMENTO | Nx | Vy | Vz | Mt | My | Mz | M | V |
|----------|------------|------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|-----------|
| 85280. | -0.230E-01 | -0.665E-01 | 0.634E+00 | -0.977E-10 | 0.111E-02 | 0.117E-03 | 0.112E-02 | 0.637E+00 |
| 88329. | -0.216E-01 | -0.707E+00 | 0.990E-01 | -0.567E-05 | 0.177E-03 | 0.127E-02 | 0.128E-02 | 0.714E+00 |
| 91310. | -0.197E-01 | 0.648E+00 | 0.557E-01 | 0.319E-05 | 0.998E-04 | -0.116E-02 | 0.117E-02 | 0.651E+00 |
| 94239. | -0.255E-01 | 0.116E+00 | 0.703E+00 | 0.276E-10 | 0.123E-02 | -0.204E-03 | 0.125E-02 | 0.712E+00 |
| MINIMI | -0.255E-01 | -0.707E+00 | 0.557E-01 | -0.567E-05 | 0.998E-04 | -0.116E-02 | 0.112E-02 | 0.637E+00 |
| MASSIM | -0.197E-01 | 0.648E+00 | 0.703E+00 | 0.319E-05 | 0.123E-02 | 0.127E-02 | 0.128E-02 | 0.714E+00 |

| ELEMENTO | Sigma+ | Sigma- | Tau_V | Tau_T | Tau_tot |
|----------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|
| 85280. | 0.181E+05 | -0.189E+05 | 0.150E+05 | 0.810E-03 | 0.150E+05 |
| 88329. | 0.208E+05 | -0.216E+05 | 0.168E+05 | 0.470E+02 | 0.168E+05 |
| 91310. | 0.190E+05 | -0.197E+05 | 0.153E+05 | 0.264E+02 | 0.153E+05 |
| 94239. | 0.202E+05 | -0.211E+05 | 0.167E+05 | 0.229E-03 | 0.167E+05 |
| MINIMI | 0.181E+05 | -0.216E+05 | 0.150E+05 | 0.229E-03 | 0.150E+05 |
| MASSIM | 0.208E+05 | -0.189E+05 | 0.168E+05 | 0.470E+02 | 0.168E+05 |

6.3.3.10. Configurazione geo2_F

SFORZI NEGLI SPEZZONI DI ANCORAGGIO

ESTREMO INFERIORE

| ELEMENTO | Nx | Vy | Vz | Mt | My | Mz | M | V |
|----------|------------|------------|-----------|------------|------------|------------|------------------|------------------|
| 85244. | -0.325E-01 | -0.102E+00 | 0.936E+00 | 0.114E-08 | -0.461E-01 | -0.504E-02 | 0.464E-01 | 0.941E+00 |
| 88292. | -0.311E-01 | -0.979E+00 | 0.107E+00 | -0.617E-05 | -0.521E-02 | -0.478E-01 | 0.481E-01 | 0.985E+00 |
| 91275. | -0.304E-01 | 0.951E+00 | 0.816E-01 | 0.472E-05 | -0.399E-02 | 0.464E-01 | 0.466E-01 | 0.954E+00 |
| 94203. | -0.339E-01 | 0.130E+00 | 0.971E+00 | 0.604E-09 | -0.478E-01 | 0.638E-02 | 0.483E-01 | 0.980E+00 |
| MINIMI | -0.339E-01 | -0.979E+00 | 0.816E-01 | -0.617E-05 | -0.478E-01 | -0.478E-01 | 0.464E-01 | 0.941E+00 |
| MASSIMI | -0.304E-01 | 0.951E+00 | 0.971E+00 | 0.472E-05 | -0.399E-02 | 0.464E-01 | 0.483E-01 | 0.985E+00 |

| ELEMENTO | Sigma+ | Sigma- | Tau_V | Tau_T | Tau_tot |
|----------|------------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| 85244. | 0.172E+06 | -0.172E+06 | 0.815E+04 | 0.211E-02 | 0.815E+04 |
| 88292. | 0.178E+06 | -0.179E+06 | 0.853E+04 | 0.114E+02 | 0.854E+04 |
| 91275. | 0.173E+06 | -0.173E+06 | 0.827E+04 | 0.876E+01 | 0.827E+04 |
| 94203. | 0.179E+06 | -0.179E+06 | 0.849E+04 | 0.112E-02 | 0.849E+04 |
| MINIMI | 0.172E+06 | -0.179E+06 | 0.815E+04 | 0.112E-02 | 0.815E+04 |
| MASSIMI | 0.179E+06 | -0.172E+06 | 0.853E+04 | 0.114E+02 | 0.854E+04 |

ESTREMO SUPERIORE

| ELEMENTO | Nx | Vy | Vz | Mt | My | Mz | M | V |
|----------|------------|------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|-----------|
| 85244. | -0.325E-01 | -0.102E+00 | 0.936E+00 | 0.114E-08 | 0.164E-02 | 0.179E-03 | 0.165E-02 | 0.941E+00 |
| 88292. | -0.311E-01 | -0.979E+00 | 0.107E+00 | -0.617E-05 | 0.229E-03 | 0.210E-02 | 0.212E-02 | 0.985E+00 |
| 91275. | -0.304E-01 | 0.951E+00 | 0.816E-01 | 0.472E-05 | 0.175E-03 | -0.204E-02 | 0.205E-02 | 0.954E+00 |
| 94203. | -0.339E-01 | 0.130E+00 | 0.971E+00 | 0.604E-09 | 0.170E-02 | -0.226E-03 | 0.172E-02 | 0.980E+00 |
| MINIMI | -0.339E-01 | -0.979E+00 | 0.816E-01 | -0.617E-05 | 0.175E-03 | -0.204E-02 | 0.165E-02 | 0.941E+00 |
| MASSIM | -0.304E-01 | 0.951E+00 | 0.971E+00 | 0.472E-05 | 0.170E-02 | 0.210E-02 | 0.212E-02 | 0.985E+00 |

| ELEMENTO | Sigma+ | Sigma- | Tau_V | Tau_T | Tau_tot |
|----------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|
| 85244. | 0.123E+05 | -0.130E+05 | 0.132E+05 | 0.435E-02 | 0.132E+05 |
| 88292. | 0.159E+05 | -0.165E+05 | 0.138E+05 | 0.236E+02 | 0.138E+05 |
| 91275. | 0.154E+05 | -0.160E+05 | 0.134E+05 | 0.181E+02 | 0.134E+05 |
| 94203. | 0.128E+05 | -0.135E+05 | 0.137E+05 | 0.231E-02 | 0.137E+05 |
| MINIMI | 0.123E+05 | -0.165E+05 | 0.132E+05 | 0.231E-02 | 0.132E+05 |
| MASSIM | 0.159E+05 | -0.130E+05 | 0.138E+05 | 0.236E+02 | 0.138E+05 |

6.3.3.11. Configurazione geo2_G

SFORZI NEGLI SPEZZONI DI ANCORAGGIO

ESTREMO INFERIORE

| ELEMENTO | Nx | Vy | Vz | Mt | My | Mz | M | V |
|----------|------------|------------|-----------|------------|------------|------------|------------------|------------------|
| 85244. | -0.290E-01 | -0.101E+00 | 0.829E+00 | -0.396E-09 | -0.408E-01 | -0.495E-02 | 0.411E-01 | 0.835E+00 |
| 88292. | -0.278E-01 | -0.869E+00 | 0.104E+00 | -0.599E-05 | -0.506E-02 | -0.425E-01 | 0.428E-01 | 0.875E+00 |
| 91275. | -0.270E-01 | 0.842E+00 | 0.813E-01 | 0.470E-05 | -0.397E-02 | 0.411E-01 | 0.413E-01 | 0.846E+00 |
| 94203. | -0.301E-01 | 0.125E+00 | 0.860E+00 | 0.480E-09 | -0.423E-01 | 0.616E-02 | 0.428E-01 | 0.869E+00 |
| MINIMI | -0.301E-01 | -0.869E+00 | 0.813E-01 | -0.599E-05 | -0.423E-01 | -0.425E-01 | 0.411E-01 | 0.835E+00 |
| MASSIMI | -0.270E-01 | 0.842E+00 | 0.860E+00 | 0.470E-05 | -0.397E-02 | 0.411E-01 | 0.428E-01 | 0.875E+00 |

| ELEMENTO | Sigma+ | Sigma- | Tau_V | Tau_T | Tau_tot |
|----------|------------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| 85244. | 0.152E+06 | -0.153E+06 | 0.723E+04 | 0.734E-03 | 0.723E+04 |
| 88292. | 0.159E+06 | -0.159E+06 | 0.758E+04 | 0.111E+02 | 0.759E+04 |
| 91275. | 0.153E+06 | -0.154E+06 | 0.733E+04 | 0.873E+01 | 0.733E+04 |
| 94203. | 0.159E+06 | -0.159E+06 | 0.752E+04 | 0.891E-03 | 0.752E+04 |
| MINIMI | 0.152E+06 | -0.159E+06 | 0.723E+04 | 0.734E-03 | 0.723E+04 |
| MASSIMI | 0.159E+06 | -0.153E+06 | 0.758E+04 | 0.111E+02 | 0.759E+04 |

ESTREMO SUPERIORE

| ELEMENTO | Nx | Vy | Vz | Mt | My | Mz | M | V |
|----------|------------|------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|-----------|
| 85244. | -0.290E-01 | -0.101E+00 | 0.829E+00 | -0.396E-09 | 0.145E-02 | 0.176E-03 | 0.146E-02 | 0.835E+00 |
| 88292. | -0.278E-01 | -0.869E+00 | 0.104E+00 | -0.599E-05 | 0.223E-03 | 0.187E-02 | 0.188E-02 | 0.875E+00 |
| 91275. | -0.270E-01 | 0.842E+00 | 0.813E-01 | 0.470E-05 | 0.175E-03 | -0.181E-02 | 0.182E-02 | 0.846E+00 |
| 94203. | -0.301E-01 | 0.125E+00 | 0.860E+00 | 0.480E-09 | 0.151E-02 | -0.219E-03 | 0.152E-02 | 0.869E+00 |
| MINIMI | -0.301E-01 | -0.869E+00 | 0.813E-01 | -0.599E-05 | 0.175E-03 | -0.181E-02 | 0.146E-02 | 0.835E+00 |
| MASSIM | -0.270E-01 | 0.842E+00 | 0.860E+00 | 0.470E-05 | 0.151E-02 | 0.187E-02 | 0.188E-02 | 0.875E+00 |

| ELEMENTO | Sigma+ | Sigma- | Tau_V | Tau_T | Tau_tot |
|----------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|
| 85244. | 0.237E+05 | -0.248E+05 | 0.196E+05 | 0.328E-02 | 0.196E+05 |
| 88292. | 0.307E+05 | -0.317E+05 | 0.206E+05 | 0.497E+02 | 0.206E+05 |
| 91275. | 0.297E+05 | -0.306E+05 | 0.199E+05 | 0.390E+02 | 0.199E+05 |
| 94203. | 0.247E+05 | -0.258E+05 | 0.204E+05 | 0.398E-02 | 0.204E+05 |
| MINIMI | 0.237E+05 | -0.317E+05 | 0.196E+05 | 0.328E-02 | 0.196E+05 |
| MASSIM | 0.307E+05 | -0.248E+05 | 0.206E+05 | 0.497E+02 | 0.206E+05 |

6.4. Corsa degli attuatori

Delle infinite possibili configurazioni di corsa ai quattro vertici ne sono state analizzate quattro definite come specificato in Tabella 20.

I risultati riportati nel seguente capitolo si riferiscono esclusivamente agli effetti della corsa degli attuatori, senza tener in conto il peso proprio del pannello.

| Condizione di carico | Corsa V1 [mm] | Corsa V2 [mm] | Corsa V3 [mm] | Corsa V4 [mm] |
|----------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| C1 | +6.5 | -6.5 | -6.5 | -6.5 |
| C2 | -6.5 | -6.5 | -6.5 | +6.5 |
| C3 | +6.5 | -6.5 | +6.5 | -6.5 |
| C4 | +6.5 | +6.5 | +6.5 | +6.5 |

Tabella 20 – Corsa attuatori.

Le analisi sono state eseguite per la sola configurazione geo1_a, ossia trascurando la deformabilità dei piatti di nodo e per il progetto originario. Tale assunzione simula la condizione in cui forze uguali e contrarie si generino sugli spezzoni dei pannelli adiacenti, connessi allo stesso attuatore.

6.4.1. Deformata del pannello

| Condizione di carico | geometria | Un medio [µm] | Un min. [µm] | Un max [µm] | PtoV [µm] | RMS1 [µm] | RMS2 [µm] |
|----------------------|-----------|---------------|--------------|-------------|-----------|-----------|-----------|
| C1 | geo1_a | -3363 | -6944 | 7021 | 13965 | 2977 | 4491 |
| C2 | | -3363 | -6944 | 7021 | 13965 | 2977 | 4491 |
| C3 | | 0 | 7047 | 7047 | 14095 | 2358 | 2358 |
| C4 | | 6541 | 6473 | 6603 | 130 | 21 | 6541 |

Tabella 21 – Corsa attuatori - Parametri di deformabilità.

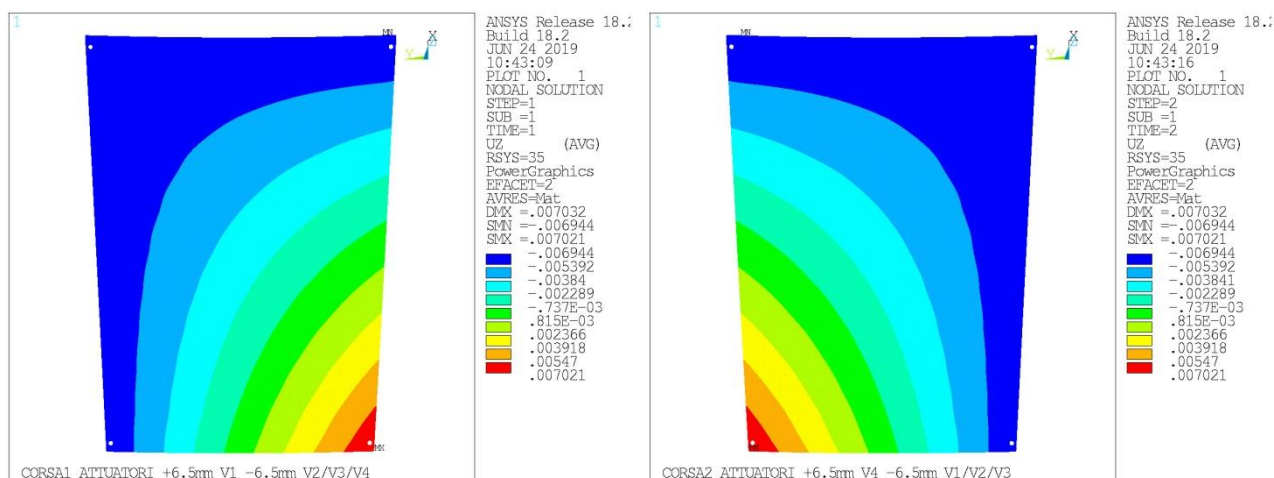


Figura 6-86– Corsa attuatori - Linee di livello degli spostamenti normali al piano tangente C1 (SX) C2 (DX)

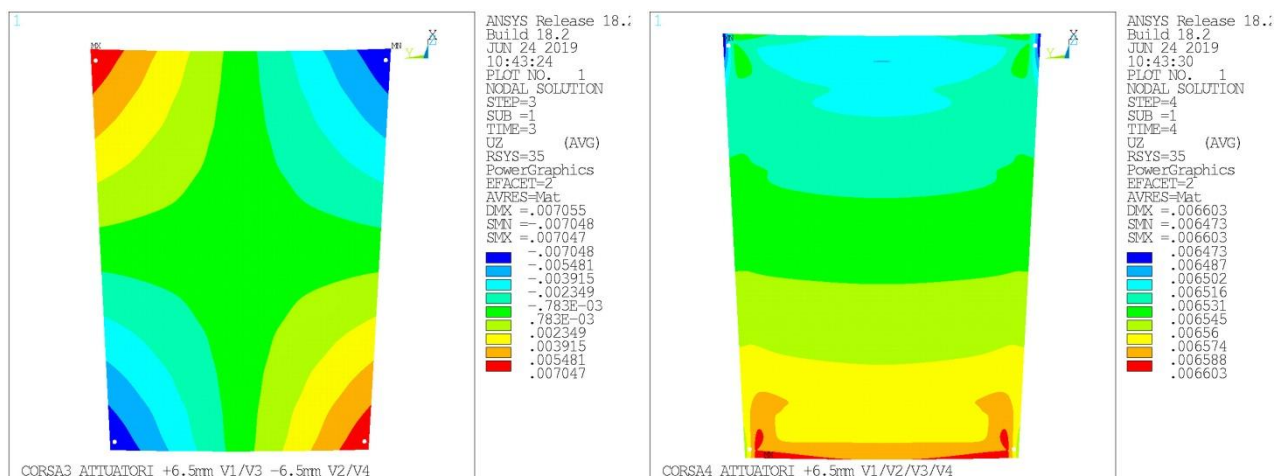


Figura 6-87– Corsa attuatori - Linee di livello degli spostamenti normali al piano tangente C3 (SX) C4 (DX)

La deformata della condizione C4 mostra una componente rigida (rotazione attorno asse Y del sistema 35) generata dalla flessione delle piastre degli attuatori, si tratta dello stesso fenomeno già evidenziato sulle condizioni di carico termiche.

6.4.2. Stato di sforzo nelle piastre degli attuatori.

In Tabella 22 si riportano i valori di sforzo equivalente massimo nelle piastre degli spezzoni.

| Condizione di carico | Sforzo equivalente massimo [MPa] |
|----------------------|----------------------------------|
| C1 | 60 |
| C2 | 60 |
| C3 | 48 |
| C4 | 66 |

Tabella 22 – Corsa attuatori - Sforzi equivalenti massimi nelle piastre reggi spezzoni.

6.4.3. Azioni e sforzi massimi negli spezzoni di collegamento del pannello

STRESS SUMMARY

ANCHOR STUDS - LOWER END

| LOADING | Nx [kN] | Vy [kN] | Vz [kN] | Mt [kNm] | My [kNm] | Mz [kNm] | M [kNm] | V [kN] |
|---------|-------------------|-------------------|------------------|------------------|--------------------|-------------|------------------|------------------|
| C1. MIN | -0.334E-14 | -0.124E+00 | -0.343E+00 | -0.126E-04 | -0.427E-02 | -0.686E-02 | 0.638E-02 | 0.116E+00 |
| C1. MAX | 0.304E-14 | 0.125E+00 | 0.772E-01 | 0.197E-04 | 0.190E-01 | 0.689E-02 | 0.202E-01 | 0.365E+00 |
| C2. MIN | -0.296E-14 | -0.125E+00 | -0.343E+00 | -0.197E-04 | -0.427E-02 | -0.690E-02 | 0.638E-02 | 0.116E+00 |
| C2. MAX | 0.649E-14 | 0.124E+00 | 0.772E-01 | 0.126E-04 | 0.190E-01 | 0.686E-02 | 0.202E-01 | 0.365E+00 |
| C3. MIN | 0.979E-15 | -0.146E+00 | -0.185E+00 | -0.325E-14 | -0.102E-01 | -0.804E-02 | 0.129E-01 | 0.233E+00 |
| C3. MAX | 0.707E-14 | 0.196E+00 | 0.185E+00 | 0.718E-05 | 0.102E-01 | 0.108E-01 | 0.130E-01 | 0.235E+00 |
| C4. MIN | -0.615E-14 | -0.217E+00 | 0.190E+00 | -0.169E-04 | -0.163E-01 | -0.120E-01 | 0.159E-01 | 0.287E+00 |
| C4. MAX | 0.364E-14 | 0.217E+00 | 0.296E+00 | 0.169E-04 | -0.105E-01 | 0.120E-01 | 0.202E-01 | 0.367E+00 |
| LOADING | Sigma+ [kN/m2] | Sigma- [kN/m2] | Tau_V [kN/m2] | Tau_T [kN/m2] | Tau_tot [kN/m2] | | | |
| C1. MIN | 0.386E+05 | -0.122E+06 | 0.138E+04 | 0.489E-08 | 0.138E+04 | | | |
| C1. MAX | 0.122E+06 | -0.386E+05 | 0.438E+04 | 0.594E+02 | 0.444E+04 | | | |
| C2. MIN | 0.386E+05 | -0.122E+06 | 0.138E+04 | 0.183E-08 | 0.138E+04 | | | |
| C2. MAX | 0.122E+06 | -0.386E+05 | 0.438E+04 | 0.594E+02 | 0.444E+04 | | | |
| C3. MIN | 0.778E+05 | -0.785E+05 | 0.279E+04 | 0.230E-08 | 0.282E+04 | | | |
| C3. MAX | 0.785E+05 | -0.778E+05 | 0.282E+04 | 0.217E+02 | 0.282E+04 | | | |
| C4. MIN | 0.960E+05 | -0.122E+06 | 0.344E+04 | 0.143E-08 | 0.344E+04 | | | |
| C4. MAX | 0.122E+06 | -0.960E+05 | 0.440E+04 | 0.511E+02 | 0.445E+04 | | | |

ANCHOR STUDS - UPPER END

| LOADING | Nx [kN] | Vy [kN] | Vz [kN] | Mt [kNm] | My [kNm] | Mz [kNm] | M [kNm] | V [kN] |
|---------|------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|------------|-----------|
| C1. MIN | -0.335E-14 | -0.124E+00 | -0.343E+00 | -0.126E-04 | -0.328E-03 | -0.523E-03 | 0.491E-03 | 0.116E+00 |
| C1. MAX | 0.304E-14 | 0.125E+00 | 0.772E-01 | 0.197E-04 | 0.144E-02 | 0.527E-03 | 0.154E-02 | 0.365E+00 |
| C2. MIN | -0.296E-14 | -0.125E+00 | -0.343E+00 | -0.197E-04 | -0.328E-03 | -0.527E-03 | 0.491E-03 | 0.116E+00 |
| C2. MAX | 0.649E-14 | 0.124E+00 | 0.772E-01 | 0.126E-04 | 0.144E-02 | 0.523E-03 | 0.154E-02 | 0.365E+00 |
| C3. MIN | 0.979E-15 | -0.146E+00 | -0.185E+00 | -0.325E-14 | -0.784E-03 | -0.618E-03 | 0.982E-03 | 0.233E+00 |
| C3. MAX | 0.707E-14 | 0.196E+00 | 0.185E+00 | 0.718E-05 | 0.784E-03 | 0.828E-03 | 0.999E-03 | 0.235E+00 |
| C4. MIN | -0.615E-14 | -0.217E+00 | 0.190E+00 | -0.169E-04 | -0.124E-02 | -0.917E-03 | 0.122E-02 | 0.287E+00 |
| C4. MAX | 0.364E-14 | 0.217E+00 | 0.296E+00 | 0.169E-04 | -0.807E-03 | 0.917E-03 | 0.154E-02 | 0.367E+00 |

| LOADING | Sigma+ [kN/m2] | Sigma- [kN/m2] | Tau_V [kN/m2] | Tau_T [kN/m2] | Tau_tot [kN/m2] |
|---------|-------------------|-------------------|------------------|------------------|--------------------|
| C1. MIN | 0.814E+04 | -0.255E+05 | 0.271E+04 | 0.135E-07 | 0.271E+04 |
| C1. MAX | 0.255E+05 | -0.814E+04 | 0.858E+04 | 0.163E+03 | 0.875E+04 |
| C2. MIN | 0.814E+04 | -0.255E+05 | 0.271E+04 | 0.502E-08 | 0.271E+04 |
| C2. MAX | 0.255E+05 | -0.814E+04 | 0.859E+04 | 0.163E+03 | 0.875E+04 |
| C3. MIN | 0.163E+05 | -0.166E+05 | 0.548E+04 | 0.639E-08 | 0.552E+04 |
| C3. MAX | 0.166E+05 | -0.163E+05 | 0.552E+04 | 0.595E+02 | 0.554E+04 |
| C4. MIN | 0.203E+05 | -0.256E+05 | 0.675E+04 | 0.393E-08 | 0.675E+04 |
| C4. MAX | 0.256E+05 | -0.203E+05 | 0.862E+04 | 0.140E+03 | 0.876E+04 |

6.4.4. Picco di sforzo nel pannello

Il picco di sforzo nel pannello si ottiene nelle condizioni di carico C1-C2 e vale 40MPa. Si tratta di un valore valutato in corrispondenza di un punto di singolarità geometrica e pertanto poco significativo. Se si fa riferimento ad uno sforzo, seppur di picco, tale da interessare una dimensione ragionevole di materiale si può far riferimento a circa 20-25 MPa (V. Figura 6-88).

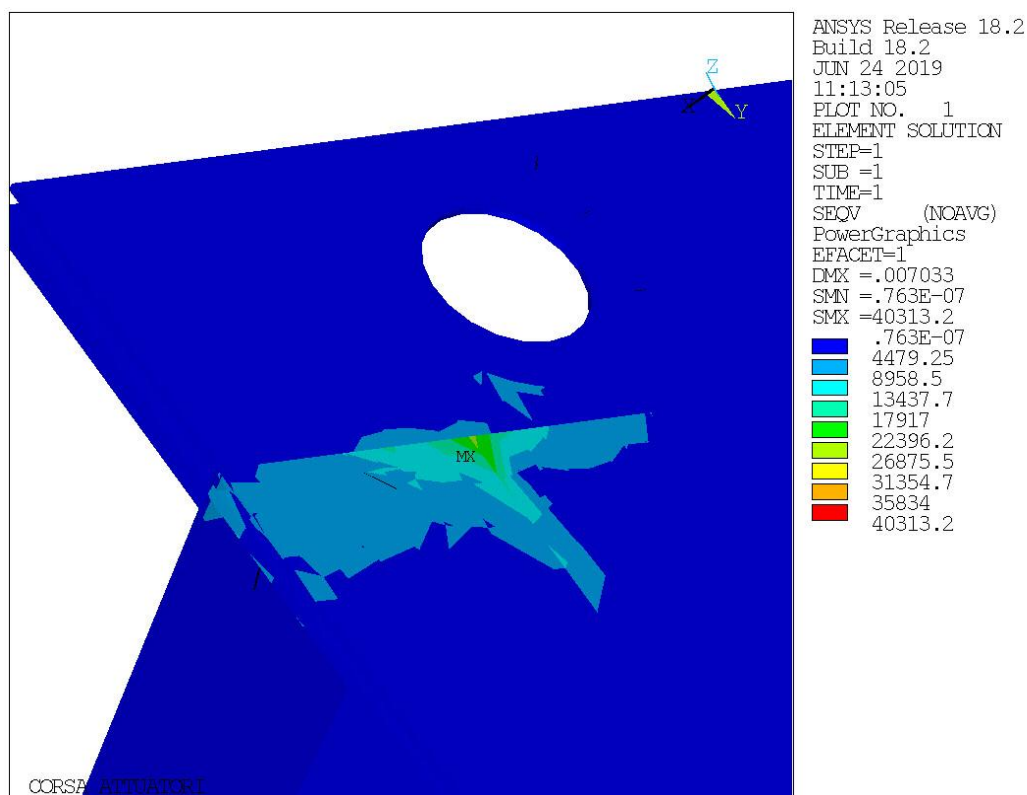


Figura 6-88– Corsa attuatori - Picco sforzi equivalenti di von Mises nella condizione di carico C1

6.5. Carichi locali

Si analizza ora l'effetto di un carico concentrato pari a 1kN, distribuito su una impronta di carico 150×150mm, secondo le condizioni di carico L1-L2-L3 meglio dettagliate nel §5.4.

Le analisi sono state condotte per la sola geometria geo1_a, immaginando che i pannelli adiacenti a quello analizzato non siano soggetti ad alcun carico locale.

Come di consueto i risultati riportati nel seguente capitolo si riferiscono esclusivamente agli effetti dei carichi concentrati locali, senza tener in conto il peso proprio del pannello.

6.5.1. Deformata del pannello

Solo a titolo informativo si riportano le curve di livello della componente di spostamento Un normale al piano secante del pannello.

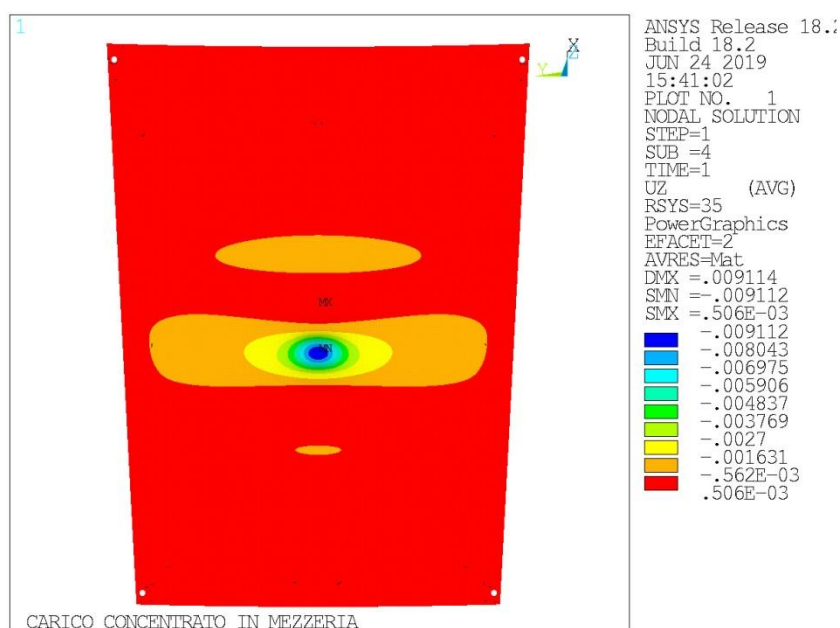


Figura 6-89– Condizione di carico L1 - Spostamenti normali al piano secante del pannello

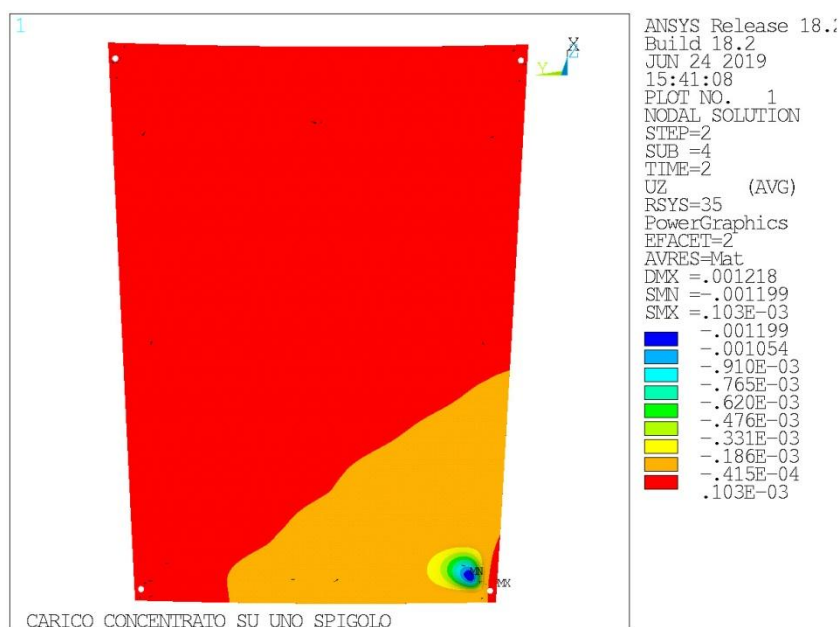


Figura 6-90– Condizione di carico L2 - Spostamenti normali al piano secante del pannello

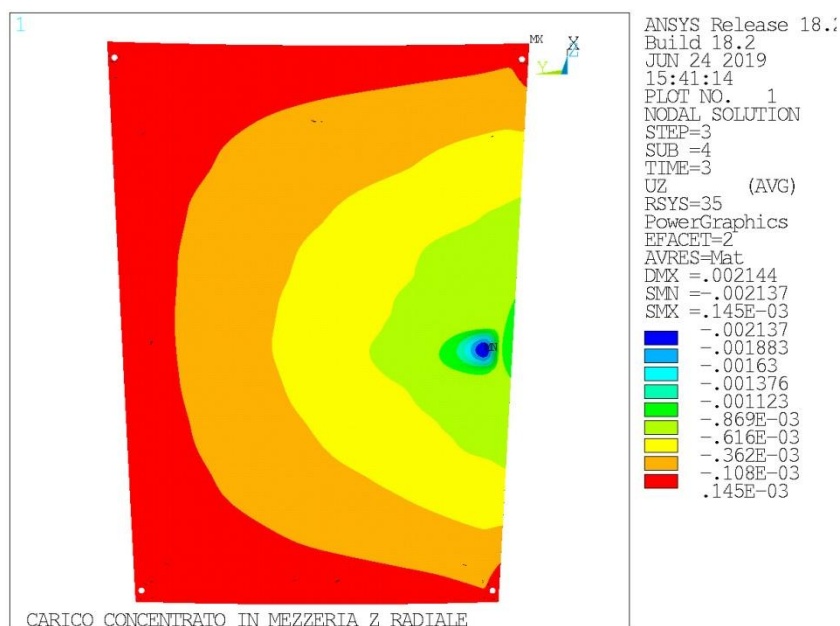


Figura 6-91– Condizione di carico L3 - Spostamenti normali al piano secante del pannello

6.5.2. Sforzi massimi nel pannello

Nella seguente tabella, per le tre condizioni di carico esaminate, si riportano gli sforzi massimi nelle tre condizioni di carico esaminate. Gli sforzi riportati sono gli sforzi equivalenti, valutati secondo la formula di Huber von Mises Hencky.

I valori di sforzo si riportano sia per la pelle del pannello, che per le restanti componenti del pannello, pelle esclusa. Gli elevati valori di sollecitazione nella pelle del pannello in caso di carico posto al centro del pannello suggerisce la prescrizione che le movimentazioni avvengano solo lungo i bordi perimetrali dei pannelli.

| Condizione di carico | Sforzo massimo nella pelle [MPa] | Sforzo massimo pelle esclusa [MPa] |
|----------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|
| L1 | 215 | 58 |
| L2 | 91 | 104 |
| L3 | 105 | 86 |

Tabella 23 – Sforzi massimi nel pannello .

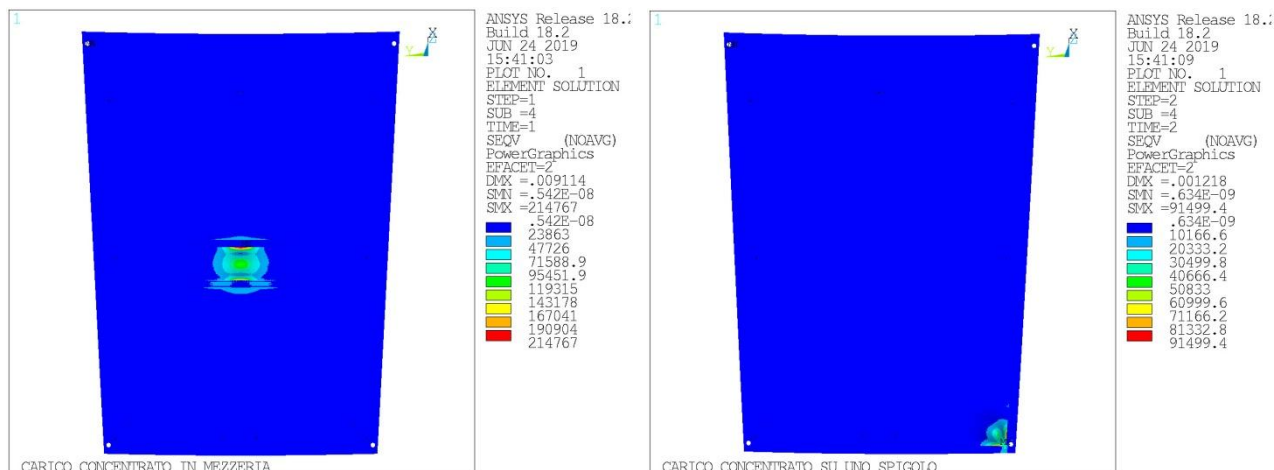


Figura 6-92 – Sforzi nella pelle – Carico L1 (SX) L2 (DX)

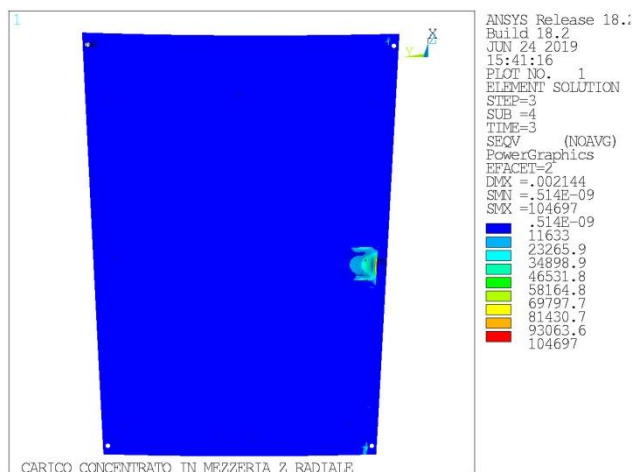


Figura 6-93– Condizione di carico L3 - Sforzi nella pelle

6.5.3. Azioni e sforzi massimi negli spezzoni di collegamento del pannello

STRESS SUMMARY

ANCHOR STUDS - LOWER END

| LOADING | Nx [kN] | Vy [kN] | Vz [kN] | Mt [kNm] | My [kNm] | Mz [kNm] | M [kNm] | V [kN] |
|---------|-------------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|------------------|------------------|
| 1. MIN | -0.224E+00 | -0.166E+00 | 0.177E-01 | -0.101E-05 | -0.684E-02 | -0.916E-02 | 0.707E-02 | 0.128E+00 |
| 1. MAX | -0.182E+00 | 0.166E+00 | 0.124E+00 | -0.101E-05 | -0.977E-03 | 0.916E-02 | 0.922E-02 | 0.167E+00 |
| 2. MIN | -0.797E+00 | -0.735E-01 | -0.544E-01 | -0.311E-05 | -0.157E-01 | -0.406E-02 | 0.505E-02 | 0.914E-01 |
| 2. MAX | 0.371E-02 | 0.146E+00 | 0.284E+00 | 0.322E-15 | 0.300E-02 | 0.806E-02 | 0.157E-01 | 0.284E+00 |
| 3. MIN | -0.231E+00 | -0.171E+00 | 0.182E-01 | -0.105E-05 | -0.705E-02 | -0.945E-02 | 0.729E-02 | 0.132E+00 |
| 3. MAX | -0.187E+00 | 0.171E+00 | 0.128E+00 | 0.104E-05 | -0.101E-02 | 0.945E-02 | 0.951E-02 | 0.172E+00 |

| LOADING | Sigma+ [kN/m2] | Sigma- [kN/m2] | Tau_V [kN/m2] | Tau_T [kN/m2] | Tau_tot [kN/m2] |
|---------|-------------------|-------------------|------------------|------------------|--------------------|
| 1. MIN | 0.407E+05 | -0.573E+05 | 0.153E+04 | 0.798E-09 | 0.153E+04 |
| 1. MAX | 0.541E+05 | -0.447E+05 | 0.200E+04 | 0.306E+01 | 0.201E+04 |
| 2. MIN | 0.305E+05 | -0.102E+06 | 0.110E+04 | 0.974E-09 | 0.111E+04 |
| 2. MAX | 0.876E+05 | -0.305E+05 | 0.340E+04 | 0.941E+01 | 0.340E+04 |
| 3. MIN | 0.420E+05 | -0.592E+05 | 0.158E+04 | 0.111E-08 | 0.158E+04 |
| 3. MAX | 0.558E+05 | -0.461E+05 | 0.207E+04 | 0.316E+01 | 0.207E+04 |

ANCHOR STUDS - UPPER END

| LOADING | Nx [kN] | Vy [kN] | Vz [kN] | Mt [kNm] | My [kNm] | Mz [kNm] | M [kNm] | V [kN] |
|---------|-------------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|------------|-----------|
| 1. MIN | -0.224E+00 | -0.166E+00 | 0.177E-01 | -0.101E-05 | -0.526E-03 | -0.689E-03 | 0.544E-03 | 0.128E+00 |
| 1. MAX | -0.182E+00 | 0.166E+00 | 0.124E+00 | -0.101E-05 | -0.744E-04 | 0.689E-03 | 0.693E-03 | 0.167E+00 |
| 2. MIN | -0.797E+00 | -0.735E-01 | -0.544E-01 | -0.311E-05 | -0.121E-02 | -0.309E-03 | 0.385E-03 | 0.914E-01 |

| | | | | | | | | |
|--------|------------|------------|-----------|------------|------------|------------|-----------|-----------|
| 2. MAX | 0.371E-02 | 0.146E+00 | 0.284E+00 | 0.321E-15 | 0.229E-03 | 0.614E-03 | 0.121E-02 | 0.284E+00 |
| 3. MIN | -0.231E+00 | -0.171E+00 | 0.182E-01 | -0.105E-05 | -0.543E-03 | -0.711E-03 | 0.561E-03 | 0.132E+00 |
| 3. MAX | -0.187E+00 | 0.171E+00 | 0.128E+00 | 0.104E-05 | -0.768E-04 | 0.711E-03 | 0.715E-03 | 0.172E+00 |

| LOADING | Sigma+ | Sigma- | Tau_V | Tau_T | Tau_tot |
|---------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|
| | [kN/m2] | [kN/m2] | [kN/m2] | [kN/m2] | [kN/m2] |
| 1. MIN | 0.508E+04 | -0.147E+05 | 0.301E+04 | 0.218E-08 | 0.301E+04 |
| 1. MAX | 0.829E+04 | -0.130E+05 | 0.393E+04 | 0.840E+01 | 0.394E+04 |
| 2. MIN | 0.596E+04 | -0.341E+05 | 0.215E+04 | 0.267E-08 | 0.217E+04 |
| 2. MAX | 0.103E+05 | -0.632E+04 | 0.667E+04 | 0.258E+02 | 0.667E+04 |
| 3. MIN | 0.524E+04 | -0.152E+05 | 0.310E+04 | 0.306E-08 | 0.310E+04 |
| 3. MAX | 0.855E+04 | -0.134E+05 | 0.405E+04 | 0.867E+01 | 0.406E+04 |

6.6. Vento

Il pannello è stato analizzato nelle due geometrie geo_1 e geo_2 per le varianti modellate. Sugli spezzoni dei pannelli adiacenti, non modellati, sono stati applicati carichi desunti sulla base delle azioni trasmesse agli spezzoni dal pannello modellato. Le azioni dei pannelli del ring 5 sono state ottenute da quelle del ring 6, scalate proporzionalmente alle superfici del pannello.

I risultati riportati nel seguente capitolo si riferiscono esclusivamente agli effetti del vento, senza tener in conto il peso proprio del pannello.

6.6.1. Vento Operativo

Analizziamo dapprima la deformata del pannello per i carichi indotti dal vento alla massima velocità "operativa" assunta pari a 80 km/h, in funzione della direzione del vento: frontale o laterale, secondo gli schemi di Figura 5-26.

| Direzione vento | geometria | Un medio [μm] | Un min. [μm] | Un max [μm] | PtoV [μm] | RMS1 [μm] | RMS2 [μm] |
|-----------------|-----------|---------------|--------------|-------------|-----------|-----------|-----------|
| Vento frontale | geo1_a | -1237 | -1986 | 219 | 2205 | 420 | 1307 |
| | geo1_b | -1180 | -1925 | 255 | 2180 | 417 | 1252 |
| | geo1_c | -1171 | -1912 | 254 | 2166 | 414 | 1242 |
| | geo1_d | -1077 | -1824 | 98 | 1922 | 417 | 1155 |
| | geo1_f | -962 | -1656 | 160 | 1816 | 378 | 1034 |
| | geo1_g | -965 | -1260 | 162 | 1822 | 378 | 1037 |
| | geo2_a | -1297 | -2046 | 149 | 2195 | 420 | 1364 |
| | geo2_b | -1243 | -1988 | 192 | 2180 | 418 | 1312 |
| | geo2_c | -1283 | -1982 | 197 | 2179 | 416 | 1306 |
| | geo2_d | -1183 | -1883 | 49 | 1931 | 416 | 1212 |
| | geo2_f | -997 | -1692 | 162 | 1854 | 378 | 1066 |
| | geo2_g | -999 | -1693 | 162 | 1856 | 378 | 1068 |
| Vento laterale | geo1_a | 981 | -103 | 1520 | 1623 | 307 | 1027 |
| | geo1_b | 890 | -173 | 1428 | 1601 | 306 | 941 |
| | geo1_c | 882 | -171 | 1471 | 1588 | 303 | 933 |
| | geo1_d | 814 | -60 | 1354 | 1414 | 306 | 870 |
| | geo1_f | 709 | -146 | 1208 | 1354 | 276 | 761 |
| | geo1_g | 710 | -148 | 1210 | 1358 | 276 | 762 |
| | geo2_a | 1055 | -27 | 1596 | 1623 | 307 | 1099 |
| | geo2_b | 967 | -94 | 1506 | 1600 | 306 | 1014 |
| | geo2_c | 963 | -97 | 1501 | 1598 | 305 | 1011 |
| | geo2_d | 890 | 7 | 1428 | 1421 | 305 | 941 |
| | geo2_f | 751 | -141 | 1249 | 1391 | 275 | 800 |
| | geo2_g | 752 | -142 | 1250 | 1392 | 275 | 801 |

Tabella 24 – Parametri di deformabilità per carichi da vento .

In termini di deformabilità della superficie ottica per effetto del vento, sostanzialmente tutte le configurazioni analizzate si equivalgono. Solo nella configurazione "caso f/g" si nota una lieve diminuzione di deformabilità a

seguito della minore luce libera tra gli spezzoni in direzione radiale. Si conferma l'effetto benefico delle costole di irrigidimento ai vertici (variante tipo d) sui soli valori di picco-valle.

Non si rilevano differenze particolarmente significative tra le configurazioni geo1 e geo2 ad eccetto di una minore deformabilità della geometria geo2.

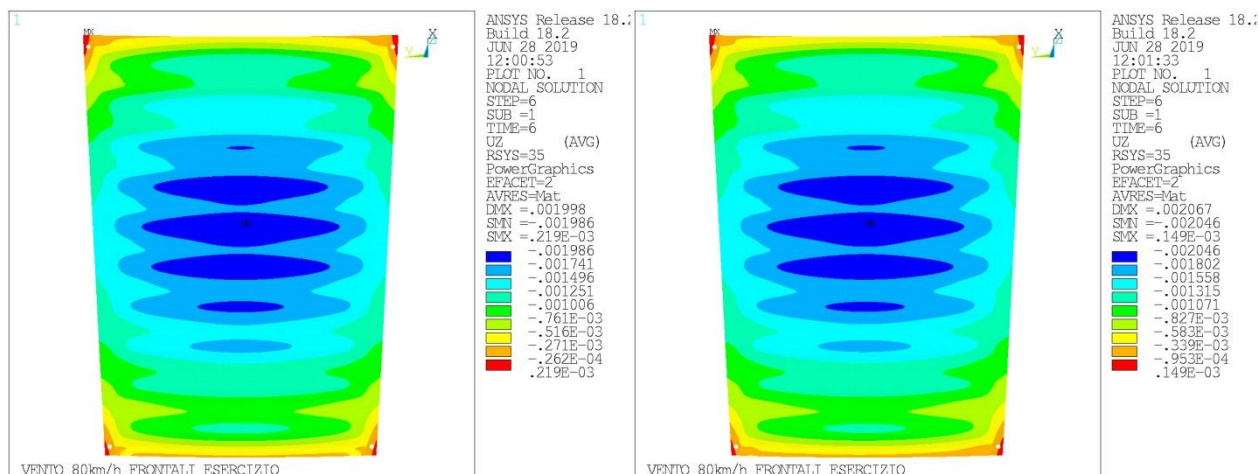


Figura 6-94– Vento frontale di esercizio. Componente di spostamento fuori piano valutate su geo1_a (SX) e geo2_a(DX)

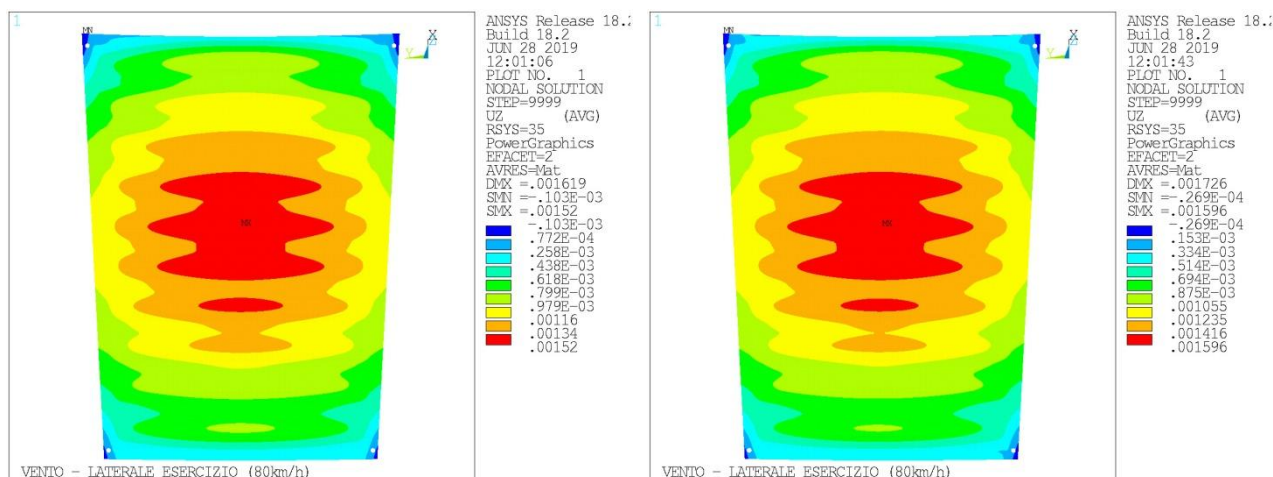


Figura 6-95– Vento laterale di esercizio. Componente di spostamento fuori piano valutate su geo1_a (SX) e geo2_a(DX)
Come di consueto al geometria geo2 introduce componenti non simmetriche della deformata si veda Figura 6-96.

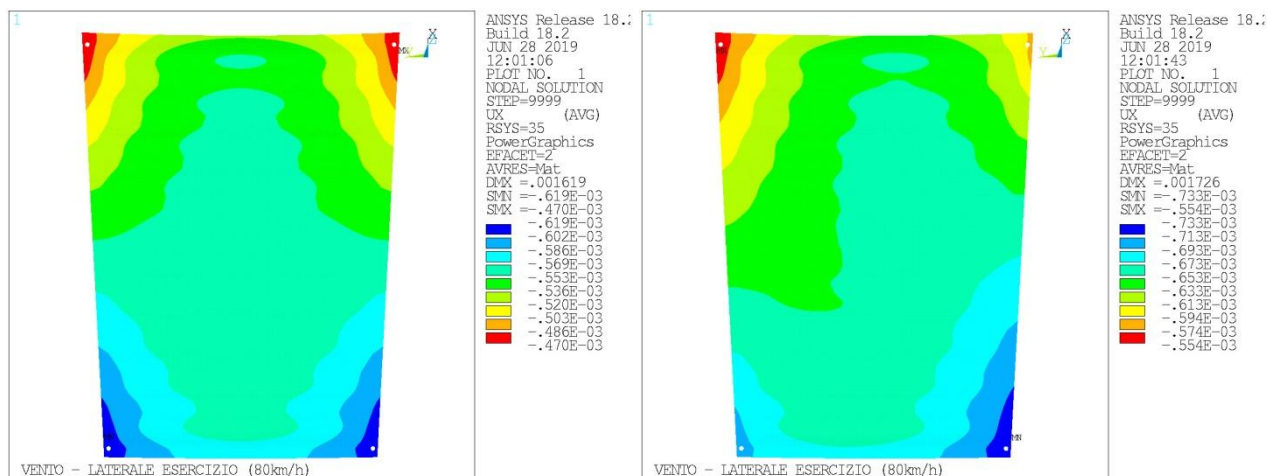


Figura 6-96– Vento laterale di esercizio. Componente di spostamento X (sistema35) su geo1_a (SX) e geo2_a(DX)

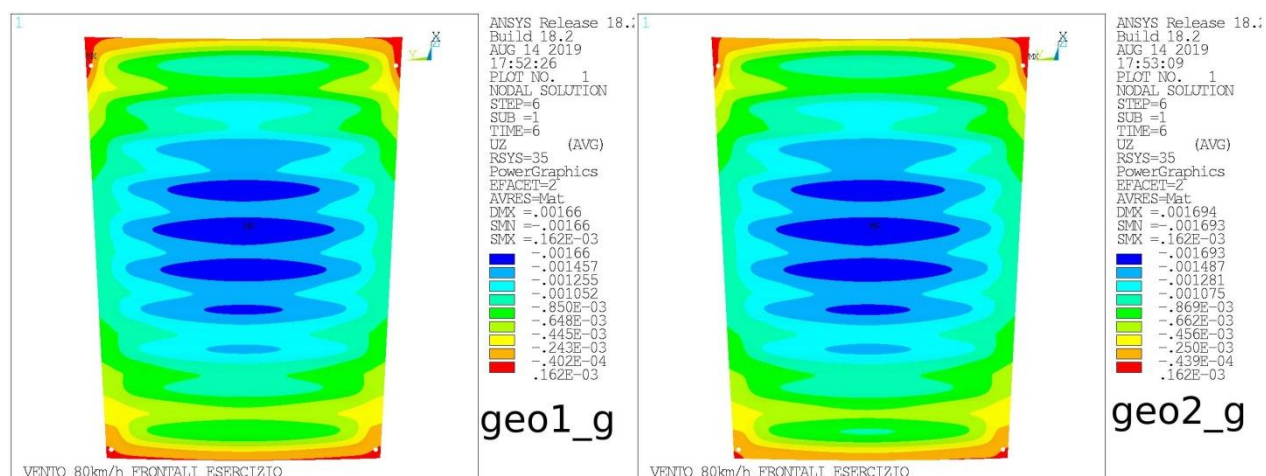


Figura 6-97– Vento frontale di esercizio. Componente di spostamento fuori piano valutate su geo1_g (SX) e geo2_g(DX)

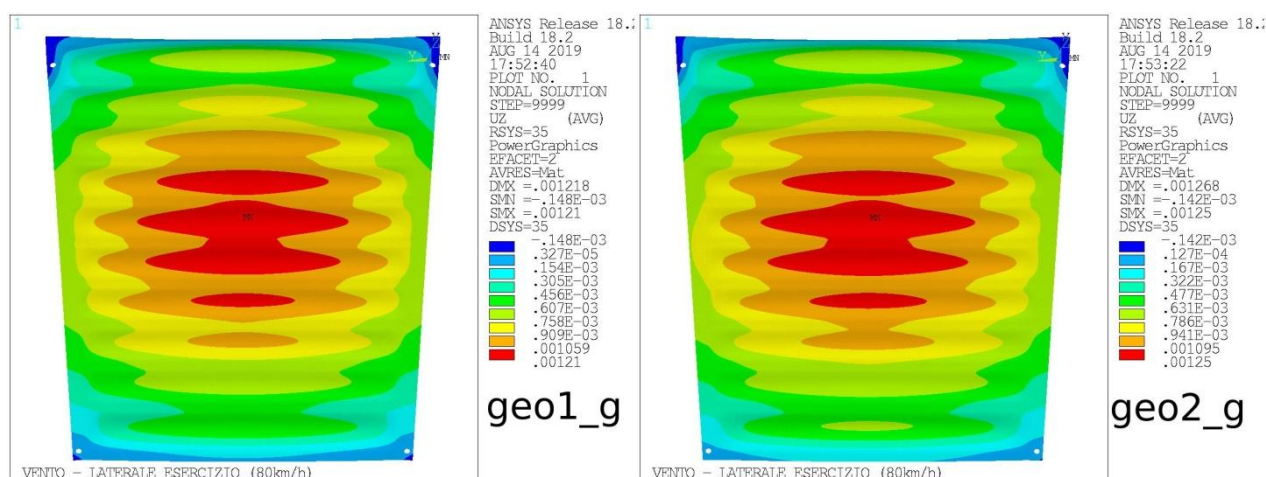


Figura 6-98– Vento laterale di esercizio. Componente di spostamento fuori piano valutate su geo1_g (SX) e geo2_g(DX)

6.6.1.1. Azioni e sforzi massimi negli elementi del pannello e nei collegamenti

Nell'ipotesi di comportamento elastico lineare lo stato di sforzo nelle varie parti che compongono il pannello ed i suoi collegamenti può essere facilmente ottenuto dalle corrispondenti condizioni di carico riportate in seguito in caso di vento di sopravvivenza, scalando tutti i risultati di un fattore moltiplicativo pari a $308.6/1929 = 0.16$.

Per comodità si riporta nel seguito l'involuppo delle azioni interne e degli sforzi nei quattro spezzoni di ancoraggio del pannello, nelle due condizioni di carico esaminate, qui identificate 2/3 (2=vento frontale di esercizio, 3=vento laterale di esercizio), rispettivamente per vento di esercizio frontale e laterale.

I risultati riportati evidenziano la riduzione dello stato di sollecitazione alla sezione di incastro degli spezzoni a seguito del loro aumento di diametro (variante "tipo a" vs. variante "tipo c"). L'aggiunta delle costole di irrigidimento a quattro vertici non ha praticamente impatto sulle sollecitazioni flessionali negli spezzoni (variante "tipo a" vs. variante "tipo d").

Geometria geo1 a

STRESS SUMMARY

ANCHOR STUDS - LOWER END

| LOADING | Nx | Vy | Vz | Mt | My | Mz | M | V |
|---------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------|-----------|
| | [kN] | [kN] | [kN] | [kNm] | [kNm] | [kNm] | [kNm] | [kN] |
| 2. MIN | -0.910E+00 | -0.153E+00 | -0.636E-01 | -0.887E-05 | -0.856E-02 | -0.843E-02 | 0.887E-02 | 0.161E+00 |
| 2. MAX | -0.859E+00 | 0.153E+00 | 0.155E+00 | 0.888E-05 | 0.351E-02 | 0.843E-02 | 0.913E-02 | 0.165E+00 |
| 3. MIN | 0.653E+00 | -0.248E+00 | -0.142E+00 | -0.811E-05 | -0.182E-01 | -0.138E-01 | 0.158E-01 | 0.286E+00 |
| 3. MAX | 0.685E+00 | 0.248E+00 | 0.330E+00 | 0.811E-05 | 0.782E-02 | 0.138E-01 | 0.198E-01 | 0.358E+00 |

| LOADING | Sigma+ | Sigma- | Tau_V | Tau_T | Tau_tot |
|---------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|
| | [kN/m2] | [kN/m2] | [kN/m2] | [kN/m2] | [kN/m2] |
| 2. MIN | 0.454E+05 | -0.629E+05 | 0.193E+04 | 0.132E-08 | 0.195E+04 |
| 2. MAX | 0.475E+05 | -0.618E+05 | 0.198E+04 | 0.268E+02 | 0.198E+04 |
| 3. MIN | 0.102E+06 | -0.114E+06 | 0.343E+04 | 0.459E-08 | 0.345E+04 |
| 3. MAX | 0.125E+06 | -0.895E+05 | 0.429E+04 | 0.245E+02 | 0.429E+04 |

ANCHOR STUDS - UPPER END

| LOADING | Nx | Vy | Vz | Mt | My | Mz | M | V |
|---------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------|-----------|
| | [kN] | [kN] | [kN] | [kNm] | [kNm] | [kNm] | [kNm] | [kN] |
| 2. MIN | -0.910E+00 | -0.153E+00 | -0.636E-01 | -0.887E-05 | -0.653E-03 | -0.648E-03 | 0.665E-03 | 0.161E+00 |
| 2. MAX | -0.859E+00 | 0.153E+00 | 0.155E+00 | 0.888E-05 | 0.270E-03 | 0.648E-03 | 0.702E-03 | 0.165E+00 |
| 3. MIN | 0.653E+00 | -0.248E+00 | -0.142E+00 | -0.811E-05 | -0.140E-02 | -0.108E-02 | 0.124E-02 | 0.286E+00 |
| 3. MAX | 0.685E+00 | 0.248E+00 | 0.330E+00 | 0.811E-05 | 0.596E-03 | 0.108E-02 | 0.152E-02 | 0.358E+00 |

| LOADING | Sigma+ | Sigma- | Tau_V | Tau_T | Tau_tot |
|---------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| | [kN/m2] | [kN/m2] | [kN/m2] | [kN/m2] | [kN/m2] |
| 2. MIN | -0.500E+04 | -0.271E+05 | 0.378E+04 | 0.362E-08 | 0.385E+04 |
| 2. MAX | -0.350E+04 | -0.268E+05 | 0.388E+04 | 0.736E+02 | 0.388E+04 |
| 3. MIN | 0.326E+05 | -0.137E+05 | 0.672E+04 | 0.126E-07 | 0.679E+04 |
| 3. MAX | 0.367E+05 | -0.845E+04 | 0.841E+04 | 0.673E+02 | 0.841E+04 |

Geometria geo2 a

STRESS SUMMARY

ANCHOR STUDS - LOWER END

| LOADING | Nx | Vy | Vz | Mt | My | Mz | M | V |
|---------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------|-----------|
| | [kN] | [kN] | [kN] | [kNm] | [kNm] | [kNm] | [kNm] | [kN] |
| 2. MIN | -0.908E+00 | -0.169E+00 | -0.104E+00 | -0.707E-05 | -0.682E-02 | -0.931E-02 | 0.708E-02 | 0.129E+00 |
| 2. MAX | -0.859E+00 | 0.187E+00 | 0.124E+00 | 0.616E-05 | 0.577E-02 | 0.103E-01 | 0.110E-01 | 0.199E+00 |
| 3. MIN | 0.652E+00 | -0.222E+00 | -0.954E-01 | -0.433E-05 | -0.204E-01 | -0.123E-01 | 0.130E-01 | 0.234E+00 |
| 3. MAX | 0.683E+00 | 0.236E+00 | 0.369E+00 | 0.546E-05 | 0.527E-02 | 0.131E-01 | 0.219E-01 | 0.396E+00 |

| LOADING | Sigma+ | Sigma- | Tau_V | Tau_T | Tau_tot |
|---------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|
| | [kN/m2] | [kN/m2] | [kN/m2] | [kN/m2] | [kN/m2] |
| 2. MIN | 0.346E+05 | -0.741E+05 | 0.154E+04 | 0.164E-08 | 0.156E+04 |
| 2. MAX | 0.586E+05 | -0.509E+05 | 0.238E+04 | 0.214E+02 | 0.238E+04 |
| 3. MIN | 0.845E+05 | -0.126E+06 | 0.281E+04 | 0.507E-08 | 0.282E+04 |
| 3. MAX | 0.138E+06 | -0.722E+05 | 0.475E+04 | 0.165E+02 | 0.475E+04 |

ANCHOR STUDS - UPPER END

| LOADING | Nx | Vy | Vz | Mt | My | Mz | M | V |
|---------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------|-----------|
| | [kN] | [kN] | [kN] | [kNm] | [kNm] | [kNm] | [kNm] | [kN] |
| 2. MIN | -0.908E+00 | -0.169E+00 | -0.104E+00 | -0.707E-05 | -0.520E-03 | -0.716E-03 | 0.515E-03 | 0.129E+00 |
| 2. MAX | -0.859E+00 | 0.187E+00 | 0.124E+00 | 0.616E-05 | 0.444E-03 | 0.795E-03 | 0.844E-03 | 0.199E+00 |
| 3. MIN | 0.652E+00 | -0.222E+00 | -0.954E-01 | -0.433E-05 | -0.157E-02 | -0.971E-03 | 0.102E-02 | 0.234E+00 |
| 3. MAX | 0.683E+00 | 0.236E+00 | 0.369E+00 | 0.546E-05 | 0.401E-03 | 0.103E-02 | 0.168E-02 | 0.396E+00 |

| LOADING | Sigma+ | Sigma- | Tau_V | Tau_T | Tau_tot |
|---------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| | [kN/m2] | [kN/m2] | [kN/m2] | [kN/m2] | [kN/m2] |
| 2. MIN | -0.745E+04 | -0.292E+05 | 0.302E+04 | 0.452E-08 | 0.307E+04 |
| 2. MAX | -0.115E+04 | -0.245E+05 | 0.467E+04 | 0.586E+02 | 0.467E+04 |
| 3. MIN | 0.290E+05 | -0.164E+05 | 0.550E+04 | 0.139E-07 | 0.554E+04 |
| 3. MAX | 0.394E+05 | -0.493E+04 | 0.930E+04 | 0.453E+02 | 0.930E+04 |

Geometria geo1 c

STRESS SUMMARY

ANCHOR STUDS - LOWER END

| LOADING | Nx | Vy | Vz | Mt | My | Mz | M | V |
|---------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------|-----------|
| | [kN] | [kN] | [kN] | [kNm] | [kNm] | [kNm] | [kNm] | [kN] |
| 2. MIN | -0.911E+00 | -0.249E+00 | -0.157E+00 | -0.142E-04 | -0.122E-01 | -0.123E-01 | 0.137E-01 | 0.278E+00 |
| 2. MAX | -0.860E+00 | 0.249E+00 | 0.248E+00 | 0.142E-04 | 0.775E-02 | 0.123E-01 | 0.145E-01 | 0.295E+00 |
| 3. MIN | 0.653E+00 | -0.201E+00 | -0.203E+00 | -0.116E-04 | -0.196E-01 | -0.991E-02 | 0.136E-01 | 0.276E+00 |
| 3. MAX | 0.686E+00 | 0.201E+00 | 0.398E+00 | 0.116E-04 | 0.100E-01 | 0.991E-02 | 0.219E-01 | 0.446E+00 |
| LOADING | Sigma+ | Sigma- | Tau_V | Tau_T | Tau_tot | | | |
| | [kN/m2] | [kN/m2] | [kN/m2] | [kN/m2] | [kN/m2] | | | |
| 2. MIN | 0.448E+05 | -0.594E+05 | 0.241E+04 | 0.108E-08 | 0.244E+04 | | | |
| 2. MAX | 0.483E+05 | -0.567E+05 | 0.255E+04 | 0.263E+02 | 0.255E+04 | | | |
| 3. MIN | 0.550E+05 | -0.772E+05 | 0.239E+04 | 0.283E-08 | 0.241E+04 | | | |
| 3. MAX | 0.857E+05 | -0.461E+05 | 0.386E+04 | 0.216E+02 | 0.386E+04 | | | |

ANCHOR STUDS - UPPER END

| LOADING | Nx | Vy | Vz | Mt | My | Mz | M | V |
|---------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------|-----------|
| | [kN] | [kN] | [kN] | [kNm] | [kNm] | [kNm] | [kNm] | [kN] |
| 2. MIN | -0.911E+00 | -0.249E+00 | -0.157E+00 | -0.142E-04 | -0.276E-03 | -0.436E-03 | 0.515E-03 | 0.278E+00 |
| 2. MAX | -0.860E+00 | 0.249E+00 | 0.248E+00 | 0.142E-04 | 0.444E-03 | 0.436E-03 | 0.524E-03 | 0.295E+00 |
| 3. MIN | 0.653E+00 | -0.201E+00 | -0.203E+00 | -0.116E-04 | -0.364E-03 | -0.352E-03 | 0.469E-03 | 0.276E+00 |
| 3. MAX | 0.686E+00 | 0.201E+00 | 0.398E+00 | 0.116E-04 | 0.696E-03 | 0.352E-03 | 0.780E-03 | 0.446E+00 |
| LOADING | Sigma+ | Sigma- | Tau_V | Tau_T | Tau_tot | | | |
| | [kN/m2] | [kN/m2] | [kN/m2] | [kN/m2] | [kN/m2] | | | |
| 2. MIN | -0.735E+04 | -0.247E+05 | 0.654E+04 | 0.482E-08 | 0.666E+04 | | | |
| 2. MAX | -0.660E+04 | -0.237E+05 | 0.692E+04 | 0.118E+03 | 0.692E+04 | | | |
| 3. MIN | 0.199E+05 | -0.144E+04 | 0.648E+04 | 0.127E-07 | 0.658E+04 | | | |
| 3. MAX | 0.244E+05 | 0.431E+04 | 0.105E+05 | 0.964E+02 | 0.105E+05 | | | |

Geometria geo2 c

STRESS SUMMARY

ANCHOR STUDS - LOWER END

| LOADING | Nx | Vy | Vz | Mt | My | Mz | M | V |
|---------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------|-----------|
| | [kN] | [kN] | [kN] | [kNm] | [kNm] | [kNm] | [kNm] | [kN] |
| 2. MIN | -0.906E+00 | -0.170E+00 | -0.213E+00 | -0.800E-05 | -0.688E-02 | -0.835E-02 | 0.965E-02 | 0.197E+00 |
| 2. MAX | -0.855E+00 | 0.204E+00 | 0.140E+00 | 0.628E-05 | 0.105E-01 | 0.101E-01 | 0.134E-01 | 0.273E+00 |
| 3. MIN | 0.648E+00 | -0.173E+00 | -0.107E+00 | -0.412E-05 | -0.224E-01 | -0.854E-02 | 0.832E-02 | 0.168E+00 |
| 3. MAX | 0.681E+00 | 0.174E+00 | 0.455E+00 | 0.615E-05 | 0.529E-02 | 0.862E-02 | 0.234E-01 | 0.474E+00 |
| LOADING | Sigma+ | Sigma- | Tau_V | Tau_T | Tau_tot | | | |
| | [kN/m2] | [kN/m2] | [kN/m2] | [kN/m2] | [kN/m2] | | | |
| 2. MIN | 0.299E+05 | -0.554E+05 | 0.171E+04 | 0.777E-09 | 0.172E+04 | | | |
| 2. MAX | 0.443E+05 | -0.417E+05 | 0.236E+04 | 0.149E+02 | 0.236E+04 | | | |
| 3. MIN | 0.353E+05 | -0.825E+05 | 0.146E+04 | 0.251E-08 | 0.147E+04 | | | |
| 3. MAX | 0.909E+05 | -0.265E+05 | 0.411E+04 | 0.114E+02 | 0.411E+04 | | | |

ANCHOR STUDS - UPPER END

| LOADING | Nx | Vy | Vz | Mt | My | Mz | M | V |
|---------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------|-----------|
| | [kN] | [kN] | [kN] | [kNm] | [kNm] | [kNm] | [kNm] | [kN] |
| 2. MIN | -0.906E+00 | -0.170E+00 | -0.213E+00 | -0.800E-05 | -0.373E-03 | -0.358E-03 | 0.397E-03 | 0.197E+00 |
| 2. MAX | -0.855E+00 | 0.204E+00 | 0.140E+00 | 0.628E-05 | 0.251E-03 | 0.345E-03 | 0.477E-03 | 0.273E+00 |
| 3. MIN | 0.648E+00 | -0.173E+00 | -0.107E+00 | -0.412E-05 | -0.193E-03 | -0.273E-03 | 0.267E-03 | 0.168E+00 |
| 3. MAX | 0.681E+00 | 0.174E+00 | 0.455E+00 | 0.615E-05 | 0.797E-03 | 0.303E-03 | 0.830E-03 | 0.474E+00 |
| LOADING | Sigma+ | Sigma- | Tau_V | Tau_T | Tau_tot | | | |
| | [kN/m2] | [kN/m2] | [kN/m2] | [kN/m2] | [kN/m2] | | | |
| 2. MIN | -0.936E+04 | -0.230E+05 | 0.463E+04 | 0.351E-08 | 0.468E+04 | | | |
| 2. MAX | -0.716E+04 | -0.223E+05 | 0.640E+04 | 0.664E+02 | 0.640E+04 | | | |
| 3. MIN | 0.164E+05 | -0.234E+04 | 0.396E+04 | 0.112E-07 | 0.399E+04 | | | |
| 3. MAX | 0.252E+05 | 0.755E+04 | 0.111E+05 | 0.510E+02 | 0.111E+05 | | | |

Geometria geo1_d

STRESS SUMMARY

ANCHOR STUDS - LOWER END

| LOADING | Nx | Vy | Vz | Mt | My | Mz | M | V |
|---------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------|-----------|
| | [kN] | [kN] | [kN] | [kNm] | [kNm] | [kNm] | [kNm] | [kN] |
| 2. MIN | -0.905E+00 | -0.102E+00 | -0.115E+00 | -0.536E-05 | -0.461E-02 | -0.499E-02 | 0.619E-02 | 0.126E+00 |
| 2. MAX | -0.854E+00 | 0.102E+00 | 0.936E-01 | 0.535E-05 | 0.564E-02 | 0.498E-02 | 0.679E-02 | 0.139E+00 |
| 3. MIN | 0.648E+00 | -0.204E+00 | -0.826E-01 | -0.472E-05 | -0.180E-01 | -0.101E-01 | 0.109E-01 | 0.221E+00 |
| 3. MAX | 0.682E+00 | 0.205E+00 | 0.365E+00 | 0.473E-05 | 0.406E-02 | 0.101E-01 | 0.181E-01 | 0.368E+00 |
| LOADING | Sigma+ | Sigma- | Tau_V | Tau_T | Tau_tot | | | |
| | [kN/m2] | [kN/m2] | [kN/m2] | [kN/m2] | [kN/m2] | | | |
| 2. MIN | 0.297E+05 | -0.492E+05 | 0.151E+04 | 0.150E-08 | 0.151E+04 | | | |
| 2. MAX | 0.329E+05 | -0.451E+05 | 0.166E+04 | 0.162E+02 | 0.168E+04 | | | |
| 3. MIN | 0.719E+05 | -0.104E+06 | 0.264E+04 | 0.466E-08 | 0.266E+04 | | | |
| 3. MAX | 0.115E+06 | -0.597E+05 | 0.441E+04 | 0.143E+02 | 0.441E+04 | | | |

ANCHOR STUDS - UPPER END

| LOADING | Nx | Vy | Vz | Mt | My | Mz | M | V |
|---------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------|-----------|
| | [kN] | [kN] | [kN] | [kNm] | [kNm] | [kNm] | [kNm] | [kN] |
| 2. MIN | -0.905E+00 | -0.102E+00 | -0.115E+00 | -0.536E-05 | -0.200E-03 | -0.235E-03 | 0.220E-03 | 0.126E+00 |
| 2. MAX | -0.854E+00 | 0.102E+00 | 0.936E-01 | 0.535E-05 | 0.168E-03 | 0.235E-03 | 0.289E-03 | 0.139E+00 |
| 3. MIN | 0.648E+00 | -0.204E+00 | -0.826E-01 | -0.472E-05 | -0.148E-03 | -0.328E-03 | 0.359E-03 | 0.221E+00 |
| 3. MAX | 0.682E+00 | 0.205E+00 | 0.365E+00 | 0.473E-05 | 0.639E-03 | 0.327E-03 | 0.644E-03 | 0.368E+00 |
| LOADING | Sigma+ | Sigma- | Tau_V | Tau_T | Tau_tot | | | |
| | [kN/m2] | [kN/m2] | [kN/m2] | [kN/m2] | [kN/m2] | | | |
| 2. MIN | -0.114E+05 | -0.208E+05 | 0.295E+04 | 0.411E-08 | 0.295E+04 | | | |
| 2. MAX | -0.112E+05 | -0.187E+05 | 0.326E+04 | 0.444E+02 | 0.330E+04 | | | |
| 3. MIN | 0.180E+05 | 0.727E+03 | 0.518E+04 | 0.128E-07 | 0.522E+04 | | | |
| 3. MAX | 0.221E+05 | 0.605E+04 | 0.865E+04 | 0.392E+02 | 0.865E+04 | | | |

Geometria geo2_d

STRESS SUMMARY

ANCHOR STUDS - LOWER END

| LOADING | Nx | Vy | Vz | Mt | My | Mz | M | V |
|---------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------|-----------|
| | [kN] | [kN] | [kN] | [kNm] | [kNm] | [kNm] | [kNm] | [kN] |
| 2. MIN | -0.906E+00 | -0.144E+00 | -0.179E+00 | -0.745E-05 | -0.641E-02 | -0.707E-02 | 0.830E-02 | 0.170E+00 |
| 2. MAX | -0.855E+00 | 0.177E+00 | 0.130E+00 | 0.582E-05 | 0.881E-02 | 0.870E-02 | 0.113E-01 | 0.229E+00 |
| 3. MIN | 0.648E+00 | -0.173E+00 | -0.996E-01 | -0.381E-05 | -0.211E-01 | -0.854E-02 | 0.915E-02 | 0.185E+00 |
| 3. MAX | 0.682E+00 | 0.197E+00 | 0.428E+00 | 0.570E-05 | 0.490E-02 | 0.971E-02 | 0.218E-01 | 0.443E+00 |
| LOADING | Sigma+ | Sigma- | Tau_V | Tau_T | Tau_tot | | | |
| | [kN/m2] | [kN/m2] | [kN/m2] | [kN/m2] | [kN/m2] | | | |
| 2. MIN | 0.420E+05 | -0.760E+05 | 0.203E+04 | 0.160E-08 | 0.205E+04 | | | |
| 2. MAX | 0.606E+05 | -0.583E+05 | 0.275E+04 | 0.225E+02 | 0.275E+04 | | | |
| 3. MIN | 0.614E+05 | -0.126E+06 | 0.222E+04 | 0.466E-08 | 0.223E+04 | | | |
| 3. MAX | 0.138E+06 | -0.492E+05 | 0.531E+04 | 0.172E+02 | 0.531E+04 | | | |

ANCHOR STUDS - UPPER END

| LOADING | Nx | Vy | Vz | Mt | My | Mz | M | V |
|---------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------|-----------|
| | [kN] | [kN] | [kN] | [kNm] | [kNm] | [kNm] | [kNm] | [kN] |
| 2. MIN | -0.906E+00 | -0.144E+00 | -0.179E+00 | -0.745E-05 | -0.313E-03 | -0.309E-03 | 0.347E-03 | 0.170E+00 |
| 2. MAX | -0.855E+00 | 0.177E+00 | 0.130E+00 | 0.582E-05 | 0.233E-03 | 0.295E-03 | 0.401E-03 | 0.229E+00 |
| 3. MIN | 0.648E+00 | -0.173E+00 | -0.996E-01 | -0.381E-05 | -0.178E-03 | -0.313E-03 | 0.296E-03 | 0.185E+00 |
| 3. MAX | 0.682E+00 | 0.197E+00 | 0.428E+00 | 0.570E-05 | 0.749E-03 | 0.271E-03 | 0.775E-03 | 0.443E+00 |
| LOADING | Sigma+ | Sigma- | Tau_V | Tau_T | Tau_tot | | | |
| | [kN/m2] | [kN/m2] | [kN/m2] | [kN/m2] | [kN/m2] | | | |
| 2. MIN | -0.102E+05 | -0.218E+05 | 0.398E+04 | 0.440E-08 | 0.403E+04 | | | |
| 2. MAX | -0.841E+04 | -0.212E+05 | 0.539E+04 | 0.618E+02 | 0.539E+04 | | | |
| 3. MIN | 0.169E+05 | -0.143E+04 | 0.435E+04 | 0.128E-07 | 0.438E+04 | | | |
| 3. MAX | 0.243E+05 | 0.708E+04 | 0.104E+05 | 0.473E+02 | 0.104E+05 | | | |

Geometria geo1 f

STRESS SUMMARY

ANCHOR STUDS - LOWER END

| LOADING | Nx | Vy | Vz | Mt | My | Mz | M | V |
|---------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------|-----------|
| | [kN] | [kN] | [kN] | [kNm] | [kNm] | [kNm] | [kNm] | [kN] |
| 2. MIN | -0.957E+00 | -0.741E-01 | 0.198E-02 | -0.173E-04 | -0.146E-01 | -0.365E-02 | 0.365E-02 | 0.741E-01 |
| 2. MAX | -0.820E+00 | 0.742E-01 | 0.299E+00 | 0.173E-04 | -0.978E-04 | 0.365E-02 | 0.147E-01 | 0.300E+00 |
| 3. MIN | 0.623E+00 | -0.303E+00 | -0.171E+00 | -0.990E-05 | -0.134E-01 | -0.148E-01 | 0.139E-01 | 0.282E+00 |
| 3. MAX | 0.718E+00 | 0.303E+00 | 0.271E+00 | 0.991E-05 | 0.837E-02 | 0.148E-01 | 0.170E-01 | 0.348E+00 |

| LOADING | Sigma+ | Sigma- | Tau_V | Tau_T | Tau_tot |
|---------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|
| | [kN/m2] | [kN/m2] | [kN/m2] | [kN/m2] | [kN/m2] |
| 2. MIN | 0.823E+04 | -0.607E+05 | 0.642E+03 | 0.505E-10 | 0.642E+03 |
| 2. MAX | 0.482E+05 | -0.189E+05 | 0.260E+04 | 0.321E+02 | 0.263E+04 |
| 3. MIN | 0.556E+05 | -0.586E+05 | 0.244E+04 | 0.197E-08 | 0.244E+04 |
| 3. MAX | 0.679E+05 | -0.475E+05 | 0.302E+04 | 0.184E+02 | 0.303E+04 |

ANCHOR STUDS - UPPER END

| LOADING | Nx | Vy | Vz | Mt | My | Mz | M | V |
|---------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------|-----------|
| | [kN] | [kN] | [kN] | [kNm] | [kNm] | [kNm] | [kNm] | [kN] |
| 2. MIN | -0.957E+00 | -0.741E-01 | 0.198E-02 | -0.173E-04 | 0.347E-05 | -0.130E-03 | 0.130E-03 | 0.741E-01 |
| 2. MAX | -0.820E+00 | 0.742E-01 | 0.299E+00 | 0.173E-04 | 0.643E-03 | 0.130E-03 | 0.643E-03 | 0.300E+00 |
| 3. MIN | 0.623E+00 | -0.303E+00 | -0.171E+00 | -0.990E-05 | -0.369E-03 | -0.610E-03 | 0.494E-03 | 0.282E+00 |
| 3. MAX | 0.718E+00 | 0.303E+00 | 0.271E+00 | 0.991E-05 | 0.475E-03 | 0.610E-03 | 0.713E-03 | 0.348E+00 |

| LOADING | Sigma+ | Sigma- | Tau_V | Tau_T | Tau_tot |
|---------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| | [kN/m2] | [kN/m2] | [kN/m2] | [kN/m2] | [kN/m2] |
| 2. MIN | -0.763E+04 | -0.150E+05 | 0.104E+04 | 0.106E-09 | 0.104E+04 |
| 2. MAX | -0.514E+04 | -0.962E+04 | 0.421E+04 | 0.662E+02 | 0.428E+04 |
| 3. MIN | 0.103E+05 | 0.210E+04 | 0.396E+04 | 0.406E-08 | 0.396E+04 |
| 3. MAX | 0.130E+05 | 0.278E+04 | 0.488E+04 | 0.379E+02 | 0.492E+04 |

Geometria geo2 f

STRESS SUMMARY

ANCHOR STUDS - LOWER END

| LOADING | Nx | Vy | Vz | Mt | My | Mz | M | V |
|---------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------|-----------|
| | [kN] | [kN] | [kN] | [kNm] | [kNm] | [kNm] | [kNm] | [kN] |
| 2. MIN | -0.955E+00 | -0.106E+00 | -0.330E-01 | -0.125E-04 | -0.105E-01 | -0.520E-02 | 0.545E-02 | 0.111E+00 |
| 2. MAX | -0.820E+00 | 0.173E+00 | 0.216E+00 | 0.911E-05 | 0.163E-02 | 0.852E-02 | 0.111E-01 | 0.227E+00 |
| 3. MIN | 0.623E+00 | -0.265E+00 | -0.155E+00 | -0.608E-05 | -0.153E-01 | -0.130E-01 | 0.139E-01 | 0.282E+00 |
| 3. MAX | 0.718E+00 | 0.336E+00 | 0.311E+00 | 0.896E-05 | 0.757E-02 | 0.165E-01 | 0.181E-01 | 0.370E+00 |

| LOADING | Sigma+ | Sigma- | Tau_V | Tau_T | Tau_tot |
|---------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|
| | [kN/m2] | [kN/m2] | [kN/m2] | [kN/m2] | [kN/m2] |
| 2. MIN | 0.149E+05 | -0.475E+05 | 0.959E+03 | 0.248E-09 | 0.959E+03 |
| 2. MAX | 0.351E+05 | -0.256E+05 | 0.197E+04 | 0.232E+02 | 0.199E+04 |
| 3. MIN | 0.555E+05 | -0.626E+05 | 0.244E+04 | 0.177E-08 | 0.244E+04 |
| 3. MAX | 0.720E+05 | -0.472E+05 | 0.321E+04 | 0.166E+02 | 0.322E+04 |

ANCHOR STUDS - UPPER END

| LOADING | Nx | Vy | Vz | Mt | My | Mz | M | V |
|---------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------|-----------|
| | [kN] | [kN] | [kN] | [kNm] | [kNm] | [kNm] | [kNm] | [kN] |
| 2. MIN | -0.955E+00 | -0.106E+00 | -0.330E-01 | -0.125E-04 | -0.578E-04 | -0.303E-03 | 0.194E-03 | 0.111E+00 |
| 2. MAX | -0.820E+00 | 0.173E+00 | 0.216E+00 | 0.911E-05 | 0.464E-03 | 0.185E-03 | 0.474E-03 | 0.227E+00 |
| 3. MIN | 0.623E+00 | -0.265E+00 | -0.155E+00 | -0.608E-05 | -0.333E-03 | -0.682E-03 | 0.493E-03 | 0.282E+00 |
| 3. MAX | 0.718E+00 | 0.336E+00 | 0.311E+00 | 0.896E-05 | 0.543E-03 | 0.529E-03 | 0.759E-03 | 0.370E+00 |

| LOADING | Sigma+ | Sigma- | Tau_V | Tau_T | Tau_tot |
|---------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| | [kN/m2] | [kN/m2] | [kN/m2] | [kN/m2] | [kN/m2] |
| 2. MIN | -0.728E+04 | -0.137E+05 | 0.155E+04 | 0.510E-09 | 0.155E+04 |
| 2. MAX | -0.629E+04 | -0.101E+05 | 0.319E+04 | 0.478E+02 | 0.324E+04 |
| 3. MIN | 0.104E+05 | 0.175E+04 | 0.395E+04 | 0.365E-08 | 0.395E+04 |
| 3. MAX | 0.134E+05 | 0.311E+04 | 0.520E+04 | 0.343E+02 | 0.523E+04 |

Geometria geo1 g

STRESS SUMMARY

ANCHOR STUDS - LOWER END

| LOADING | Nx [kN] | Vy [kN] | Vz [kN] | Mt [kNm] | My [kNm] | Mz [kNm] | M [kNm] | V [kN] |
|---------|------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|------------|-----------|
| 2. MIN | -0.955E+00 | -0.607E-01 | 0.156E-02 | -0.145E-04 | -0.123E-01 | -0.299E-02 | 0.299E-02 | 0.608E-01 |
| 2. MAX | -0.819E+00 | 0.608E-01 | 0.251E+00 | 0.145E-04 | -0.770E-04 | 0.300E-02 | 0.123E-01 | 0.252E+00 |
| 3. MIN | 0.622E+00 | -0.300E+00 | -0.142E+00 | -0.818E-05 | -0.134E-01 | -0.147E-01 | 0.137E-01 | 0.278E+00 |
| 3. MAX | 0.716E+00 | 0.300E+00 | 0.272E+00 | 0.819E-05 | 0.692E-02 | 0.147E-01 | 0.162E-01 | 0.332E+00 |

| LOADING | Sigma+ [kN/m2] | Sigma- [kN/m2] | Tau_V [kN/m2] | Tau_T [kN/m2] | Tau_tot [kN/m2] |
|---------|-------------------|-------------------|------------------|------------------|--------------------|
| 2. MIN | 0.579E+04 | -0.519E+05 | 0.526E+03 | 0.695E-10 | 0.526E+03 |
| 2. MAX | 0.395E+05 | -0.164E+05 | 0.218E+04 | 0.270E+02 | 0.221E+04 |
| 3. MIN | 0.549E+05 | -0.556E+05 | 0.241E+04 | 0.192E-08 | 0.241E+04 |
| 3. MAX | 0.650E+05 | -0.469E+05 | 0.287E+04 | 0.152E+02 | 0.289E+04 |

ANCHOR STUDS - UPPER END

| LOADING | Nx [kN] | Vy [kN] | Vz [kN] | Mt [kNm] | My [kNm] | Mz [kNm] | M [kNm] | V [kN] |
|---------|------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|------------|-----------|
| 2. MIN | -0.955E+00 | -0.607E-01 | 0.156E-02 | -0.145E-04 | 0.274E-05 | -0.106E-03 | 0.106E-03 | 0.608E-01 |
| 2. MAX | -0.819E+00 | 0.608E-01 | 0.251E+00 | 0.145E-04 | 0.540E-03 | 0.106E-03 | 0.540E-03 | 0.252E+00 |
| 3. MIN | 0.622E+00 | -0.300E+00 | -0.142E+00 | -0.818E-05 | -0.304E-03 | -0.604E-03 | 0.487E-03 | 0.278E+00 |
| 3. MAX | 0.716E+00 | 0.300E+00 | 0.272E+00 | 0.819E-05 | 0.475E-03 | 0.603E-03 | 0.676E-03 | 0.332E+00 |

| LOADING | Sigma+ [kN/m2] | Sigma- [kN/m2] | Tau_V [kN/m2] | Tau_T [kN/m2] | Tau_tot [kN/m2] |
|---------|-------------------|-------------------|------------------|------------------|--------------------|
| 2. MIN | -0.127E+05 | -0.258E+05 | 0.143E+04 | 0.308E-09 | 0.143E+04 |
| 2. MAX | -0.786E+04 | -0.162E+05 | 0.592E+04 | 0.120E+03 | 0.604E+04 |
| 3. MIN | 0.190E+05 | 0.141E+04 | 0.654E+04 | 0.857E-08 | 0.654E+04 |
| 3. MAX | 0.238E+05 | 0.288E+04 | 0.780E+04 | 0.679E+02 | 0.786E+04 |

Geometria geo2 g

STRESS SUMMARY

ANCHOR STUDS - LOWER END

| LOADING | Nx [kN] | Vy [kN] | Vz [kN] | Mt [kNm] | My [kNm] | Mz [kNm] | M [kNm] | V [kN] |
|---------|------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|------------|-----------|
| 2. MIN | -0.954E+00 | -0.111E+00 | -0.323E-01 | -0.120E-04 | -0.101E-01 | -0.549E-02 | 0.571E-02 | 0.116E+00 |
| 2. MAX | -0.820E+00 | 0.170E+00 | 0.207E+00 | 0.901E-05 | 0.159E-02 | 0.839E-02 | 0.106E-01 | 0.216E+00 |
| 3. MIN | 0.623E+00 | -0.269E+00 | -0.148E+00 | -0.603E-05 | -0.153E-01 | -0.132E-01 | 0.140E-01 | 0.284E+00 |
| 3. MAX | 0.717E+00 | 0.329E+00 | 0.310E+00 | 0.857E-05 | 0.724E-02 | 0.161E-01 | 0.176E-01 | 0.360E+00 |

| LOADING | Sigma+ [kN/m2] | Sigma- [kN/m2] | Tau_V [kN/m2] | Tau_T [kN/m2] | Tau_tot [kN/m2] |
|---------|-------------------|-------------------|------------------|------------------|--------------------|
| 2. MIN | 0.159E+05 | -0.454E+05 | 0.100E+04 | 0.488E-09 | 0.100E+04 |
| 2. MAX | 0.330E+05 | -0.265E+05 | 0.187E+04 | 0.222E+02 | 0.189E+04 |
| 3. MIN | 0.560E+05 | -0.608E+05 | 0.246E+04 | 0.157E-08 | 0.246E+04 |
| 3. MAX | 0.702E+05 | -0.478E+05 | 0.312E+04 | 0.159E+02 | 0.314E+04 |

ANCHOR STUDS - UPPER END

| LOADING | Nx [kN] | Vy [kN] | Vz [kN] | Mt [kNm] | My [kNm] | Mz [kNm] | M [kNm] | V [kN] |
|---------|------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|------------|-----------|
| 2. MIN | -0.954E+00 | -0.111E+00 | -0.323E-01 | -0.120E-04 | -0.565E-04 | -0.298E-03 | 0.203E-03 | 0.116E+00 |
| 2. MAX | -0.820E+00 | 0.170E+00 | 0.207E+00 | 0.901E-05 | 0.445E-03 | 0.195E-03 | 0.451E-03 | 0.216E+00 |
| 3. MIN | 0.623E+00 | -0.269E+00 | -0.148E+00 | -0.603E-05 | -0.319E-03 | -0.665E-03 | 0.497E-03 | 0.284E+00 |
| 3. MAX | 0.717E+00 | 0.329E+00 | 0.310E+00 | 0.857E-05 | 0.542E-03 | 0.537E-03 | 0.738E-03 | 0.360E+00 |

| LOADING | Sigma+ [kN/m2] | Sigma- [kN/m2] | Tau_V [kN/m2] | Tau_T [kN/m2] | Tau_tot [kN/m2] |
|---------|-------------------|-------------------|------------------|------------------|--------------------|
| 2. MIN | -0.111E+05 | -0.243E+05 | 0.272E+04 | 0.221E-08 | 0.272E+04 |
| 2. MAX | -0.932E+04 | -0.178E+05 | 0.507E+04 | 0.992E+02 | 0.517E+04 |
| 3. MIN | 0.193E+05 | 0.408E+03 | 0.667E+04 | 0.700E-08 | 0.667E+04 |
| 3. MAX | 0.249E+05 | 0.294E+04 | 0.847E+04 | 0.711E+02 | 0.854E+04 |

6.6.2. Vento di sopravvivenza

In condizioni di vento massimo di progetto la parabola è in configurazione di STOW (puntamento allo zenith). La direzione del vento è quindi laterale.

6.6.2.1. Deformata del pannello

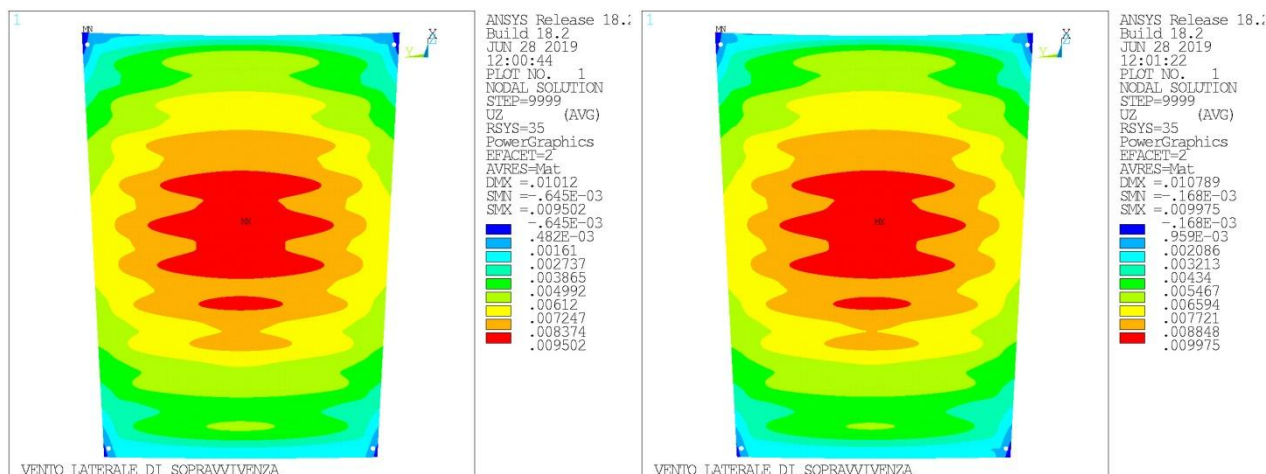


Figura 6-99– Vento laterale di sopravvivenza. Componente di spostamento fuori piano su geo1_a (SX) e geo2_a(DX)

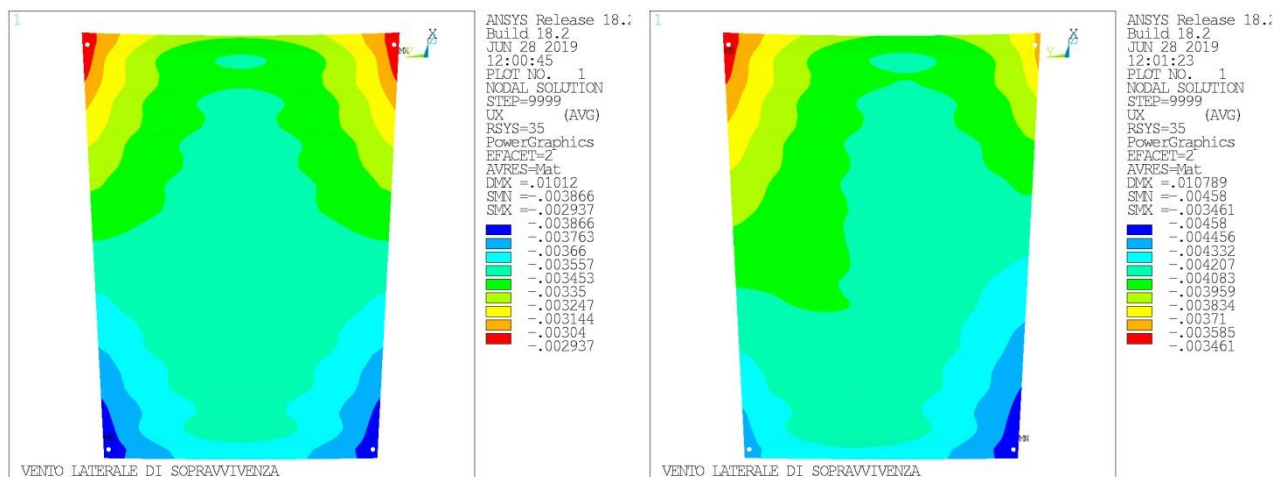


Figura 6-100– Vento laterale di sopravvivenza. Componente di spostamento X (sistema35) su geo1_a (SX) e geo2_(DX)

6.6.2.2. Azioni e sforzi massimi negli spezzoni di collegamento del pannello

Si riportano nel seguito i valori si azioni interne e di sforzi nei quattro spezzoni del pannello, in caso di vento laterale di sopravvivenza.

In particolare dalla variante “tipo a” alla “tipo c” si nota la riduzione dello stato di sforzo a seguito dell’incremento di diametro. Gli sforzi flessionali diminuiscono di circa il 35%.

Un ulteriore riduzione si ha con le varianti “tipo f” e “tipo g”. la riduzione della luce libera tra gli spezzoni infatti comporta una riduzione dei tagli indotti in testa agli spezzoni dalle depressioni normali al pannello. Tali tagli su un lato (interno / esterno) si sommano ai tagli indotti dalla forza di trascinamento del vento (e sull’altro lato si sottraggono), generando un aumento dei tagli e momenti massimi alla base degli spezzoni.

Si veda a tal proposito la Tabella in cui si confrontano i valori di tagli/momenti alla base degli spezzoni del lato interno ed esterno del pannello nelle geometrie 1. geo1_g è leggermente migliore di geo1_f in virtù della minore rigidità dello spezzone.

| CASO | Lato interno pannello | | | Lato esterno pannello | | |
|--------|-----------------------|-------------------------|--|-----------------------|-------------------------|--|
| | T _{MAX} [kN] | M _{MAX} [kNcm] | σ _{MAX} [kN/cm ²] | T _{MAX} [kN] | M _{MAX} [kNcm] | σ _{MAX} [kN/cm ²] |
| geo1_a | 1.79 | 9.9 | 63.6 | 2.24 | 12.4 | 7.83 |
| geo1_c | 1.72 | 8.5 | 34.4 | 2.78 | 13.7 | 5.36 |
| geo1_f | 1.76 | 8.7 | 34.8 | 2.18 | 10.7 | 42.5 |
| geo1_g | 1.74 | 8.6 | 34.8 | 2.07 | 10.2 | 40.6 |

Tabella 25 – Azioni negli spezzoni con vento di sopravvivenza di progetto

6.6.2.2.1. GEOMETRIA geo1_a

SFORZI NEGLI SPEZZONI DI ANCORAGGIO

ESTREMO INFERIORE

| ELEMENTO | Nx | Vy | Vz | Mt | My | Mz | M | V |
|----------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------|-----------|
| 82841. | 0.408E+01 | 0.872E+00 | 0.206E+01 | -0.949E-14 | -0.114E+00 | 0.482E-01 | 0.124E+00 | 0.224E+01 |
| 83848. | 0.428E+01 | 0.155E+01 | -0.885E+00 | 0.507E-04 | 0.489E-01 | 0.860E-01 | 0.989E-01 | 0.179E+01 |
| 84790. | 0.428E+01 | -0.155E+01 | -0.886E+00 | -0.507E-04 | 0.489E-01 | -0.860E-01 | 0.989E-01 | 0.179E+01 |
| 85802. | 0.408E+01 | -0.871E+00 | 0.206E+01 | 0.105E-13 | -0.114E+00 | -0.481E-01 | 0.124E+00 | 0.224E+01 |
| MINIMI | 0.408E+01 | -0.155E+01 | -0.886E+00 | -0.507E-04 | -0.114E+00 | -0.860E-01 | 0.989E-01 | 0.179E+01 |
| MASSIMI | 0.428E+01 | 0.155E+01 | 0.206E+01 | 0.507E-04 | 0.489E-01 | 0.860E-01 | 0.124E+00 | 0.224E+01 |

| ELEMENTO | Sigma+ | Sigma- | Tau_V | Tau_T | Tau_tot |
|----------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|
| 82841. | 0.783E+06 | -0.710E+06 | 0.268E+05 | 0.287E-07 | 0.268E+05 |
| 83848. | 0.636E+06 | -0.559E+06 | 0.214E+05 | 0.153E+03 | 0.216E+05 |
| 84790. | 0.636E+06 | -0.559E+06 | 0.214E+05 | 0.153E+03 | 0.216E+05 |
| 85802. | 0.784E+06 | -0.710E+06 | 0.268E+05 | 0.316E-07 | 0.268E+05 |
| MINIMI | 0.636E+06 | -0.710E+06 | 0.214E+05 | 0.287E-07 | 0.216E+05 |
| MASSIMI | 0.784E+06 | -0.559E+06 | 0.268E+05 | 0.153E+03 | 0.268E+05 |

ESTREMO SUPERIORE

| ELEMENTO | Nx | Vy | Vz | Mt | My | Mz | M | V |
|----------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------|-----------|
| 82841. | 0.408E+01 | 0.872E+00 | 0.206E+01 | -0.950E-14 | -0.875E-02 | 0.370E-02 | 0.950E-02 | 0.224E+01 |
| 83848. | 0.428E+01 | 0.155E+01 | -0.885E+00 | 0.507E-04 | 0.373E-02 | 0.678E-02 | 0.774E-02 | 0.179E+01 |
| 84790. | 0.428E+01 | -0.155E+01 | -0.886E+00 | -0.507E-04 | 0.373E-02 | -0.678E-02 | 0.774E-02 | 0.179E+01 |
| 85802. | 0.408E+01 | -0.871E+00 | 0.206E+01 | 0.105E-13 | -0.876E-02 | -0.370E-02 | 0.951E-02 | 0.224E+01 |
| MINIMI | 0.408E+01 | -0.155E+01 | -0.886E+00 | -0.507E-04 | -0.876E-02 | -0.678E-02 | 0.774E-02 | 0.179E+01 |
| MASSIM | 0.428E+01 | 0.155E+01 | 0.206E+01 | 0.507E-04 | 0.373E-02 | 0.678E-02 | 0.951E-02 | 0.224E+01 |

| ELEMENTO | Sigma+ | Sigma- | Tau_V | Tau_T | Tau_tot |
|----------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|
| 82841. | 0.229E+06 | -0.857E+05 | 0.525E+05 | 0.788E-07 | 0.525E+05 |
| 83848. | 0.204E+06 | -0.528E+05 | 0.420E+05 | 0.420E+03 | 0.424E+05 |
| 84790. | 0.204E+06 | -0.528E+05 | 0.420E+05 | 0.420E+03 | 0.424E+05 |
| 85802. | 0.230E+06 | -0.858E+05 | 0.526E+05 | 0.869E-07 | 0.526E+05 |
| MINIMI | 0.204E+06 | -0.858E+05 | 0.420E+05 | 0.788E-07 | 0.424E+05 |
| MASSIM | 0.230E+06 | -0.528E+05 | 0.526E+05 | 0.420E+03 | 0.526E+05 |

STRESS SUMMARY geo1 a

ANCHOR STUDS - LOWER END

| LOADING | Nx | Vy | Vz | Mt | My | Mz | M | V |
|---------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------|-----------|
| | [kN] | [kN] | [kN] | [kNm] | [kNm] | [kNm] | [kNm] | [kN] |
| 1. MIN | 0.408E+01 | -0.155E+01 | -0.886E+00 | -0.507E-04 | -0.114E+00 | -0.860E-01 | 0.989E-01 | 0.179E+01 |
| 1. MAX | 0.428E+01 | 0.155E+01 | 0.206E+01 | 0.507E-04 | 0.489E-01 | 0.860E-01 | 0.124E+00 | 0.224E+01 |

| LOADING | Sigma+ | Sigma- | Tau_V | Tau_T | Tau_tot |
|---------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|
| | [kN/m2] | [kN/m2] | [kN/m2] | [kN/m2] | [kN/m2] |
| 1. MIN | 0.636E+06 | -0.710E+06 | 0.214E+05 | 0.287E-07 | 0.216E+05 |
| 1. MAX | 0.784E+06 | -0.559E+06 | 0.268E+05 | 0.153E+03 | 0.268E+05 |

ANCHOR STUDS - UPPER END

| LOADING | Nx | Vy | Vz | Mt | My | Mz | M | V |
|---------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------|-----------|
| | [kN] | [kN] | [kN] | [kNm] | [kNm] | [kNm] | [kNm] | [kN] |
| 1. MIN | 0.408E+01 | -0.155E+01 | -0.886E+00 | -0.507E-04 | -0.876E-02 | -0.678E-02 | 0.774E-02 | 0.179E+01 |
| 1. MAX | 0.428E+01 | 0.155E+01 | 0.206E+01 | 0.507E-04 | 0.373E-02 | 0.678E-02 | 0.951E-02 | 0.224E+01 |

| LOADING | Sigma+ | Sigma- | Tau_V | Tau_T | Tau_tot |
|---------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|
| | [kN/m2] | [kN/m2] | [kN/m2] | [kN/m2] | [kN/m2] |
| 1. MIN | 0.204E+06 | -0.858E+05 | 0.420E+05 | 0.788E-07 | 0.424E+05 |
| 1. MAX | 0.230E+06 | -0.528E+05 | 0.526E+05 | 0.420E+03 | 0.526E+05 |

6.6.2.2.2. GEOMETRIA geo2_a

SFORZI NEGLI SPEZZONI DI ANCORAGGIO

ESTREMO INFERIORE

| ELEMENTO | Nx | Vy | Vz | Mt | My | Mz | M | V |
|----------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------|-----------|
| 82841. | 0.407E+01 | 0.890E+00 | 0.231E+01 | -0.105E-13 | -0.128E+00 | 0.492E-01 | 0.137E+00 | 0.247E+01 |
| 83848. | 0.427E+01 | 0.148E+01 | -0.596E+00 | 0.341E-04 | 0.329E-01 | 0.818E-01 | 0.882E-01 | 0.159E+01 |
| 84790. | 0.426E+01 | -0.138E+01 | -0.473E+00 | -0.271E-04 | 0.261E-01 | -0.767E-01 | 0.810E-01 | 0.146E+01 |
| 85802. | 0.408E+01 | -0.103E+01 | 0.203E+01 | 0.107E-13 | -0.112E+00 | -0.571E-01 | 0.126E+00 | 0.228E+01 |
| MINIMI | 0.407E+01 | -0.138E+01 | -0.596E+00 | -0.271E-04 | -0.128E+00 | -0.767E-01 | 0.810E-01 | 0.146E+01 |

MASSIMI 0.427E+01 0.148E+01 0.231E+01 0.341E-04 0.329E-01 0.818E-01 0.137E+00 0.247E+01

| ELEMENTO | Sigma+ | Sigma- | Tau_V | Tau_T | Tau_tot |
|----------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|
| 82841. | 0.863E+06 | -0.790E+06 | 0.297E+05 | 0.317E-07 | 0.297E+05 |
| 83848. | 0.571E+06 | -0.495E+06 | 0.191E+05 | 0.103E+03 | 0.192E+05 |
| 84790. | 0.528E+06 | -0.451E+06 | 0.175E+05 | 0.818E+02 | 0.176E+05 |
| 85802. | 0.797E+06 | -0.723E+06 | 0.273E+05 | 0.323E-07 | 0.273E+05 |
| MINIMI | 0.528E+06 | -0.790E+06 | 0.175E+05 | 0.317E-07 | 0.176E+05 |
| MASSIMI | 0.863E+06 | -0.451E+06 | 0.297E+05 | 0.103E+03 | 0.297E+05 |

ESTREMO SUPERIORE

| ELEMENTO | Nx | Vy | Vz | Mt | My | Mz | M | V |
|----------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------|-----------|
| 82841. | 0.407E+01 | 0.890E+00 | 0.231E+01 | -0.105E-13 | -0.981E-02 | 0.378E-02 | 0.105E-01 | 0.247E+01 |
| 83848. | 0.427E+01 | 0.148E+01 | -0.596E+00 | 0.341E-04 | 0.251E-02 | 0.646E-02 | 0.693E-02 | 0.159E+01 |
| 84790. | 0.426E+01 | -0.138E+01 | -0.473E+00 | -0.271E-04 | 0.199E-02 | -0.607E-02 | 0.639E-02 | 0.146E+01 |
| 85802. | 0.408E+01 | -0.103E+01 | 0.203E+01 | 0.107E-13 | -0.861E-02 | -0.439E-02 | 0.967E-02 | 0.228E+01 |
| MINIMI | 0.407E+01 | -0.138E+01 | -0.596E+00 | -0.271E-04 | -0.981E-02 | -0.607E-02 | 0.639E-02 | 0.146E+01 |
| MASSIM | 0.427E+01 | 0.148E+01 | 0.231E+01 | 0.341E-04 | 0.251E-02 | 0.646E-02 | 0.105E-01 | 0.247E+01 |

| ELEMENTO | Sigma+ | Sigma- | Tau_V | Tau_T | Tau_tot |
|----------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|
| 82841. | 0.246E+06 | -0.103E+06 | 0.581E+05 | 0.871E-07 | 0.581E+05 |
| 83848. | 0.190E+06 | -0.398E+05 | 0.374E+05 | 0.283E+03 | 0.377E+05 |
| 84790. | 0.181E+06 | -0.308E+05 | 0.344E+05 | 0.224E+03 | 0.346E+05 |
| 85802. | 0.232E+06 | -0.884E+05 | 0.535E+05 | 0.886E-07 | 0.535E+05 |
| MINIMI | 0.181E+06 | -0.103E+06 | 0.344E+05 | 0.871E-07 | 0.346E+05 |
| MASSIM | 0.246E+06 | -0.308E+05 | 0.581E+05 | 0.283E+03 | 0.581E+05 |

STRESS SUMMARY geo2 a

ANCHOR STUDS - LOWER END

| LOADING | Nx | Vy | Vz | Mt | My | Mz | M | V |
|---------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------|-----------|
| | [kN] | [kN] | [kN] | [kNm] | [kNm] | [kNm] | [kNm] | [kN] |
| 1. MIN | 0.407E+01 | -0.138E+01 | -0.596E+00 | -0.271E-04 | -0.128E+00 | -0.767E-01 | 0.810E-01 | 0.146E+01 |
| 1. MAX | 0.427E+01 | 0.148E+01 | 0.231E+01 | 0.341E-04 | 0.329E-01 | 0.818E-01 | 0.137E+00 | 0.247E+01 |

| LOADING | Sigma+ | Sigma- | Tau_V | Tau_T | Tau_tot |
|---------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|
| | [kN/m2] | [kN/m2] | [kN/m2] | [kN/m2] | [kN/m2] |
| 1. MIN | 0.528E+06 | -0.790E+06 | 0.175E+05 | 0.317E-07 | 0.176E+05 |
| 1. MAX | 0.863E+06 | -0.451E+06 | 0.297E+05 | 0.103E+03 | 0.297E+05 |

ANCHOR STUDS - UPPER END

| LOADING | Nx | Vy | Vz | Mt | My | Mz | M | V |
|---------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------|-----------|
| | [kN] | [kN] | [kN] | [kNm] | [kNm] | [kNm] | [kNm] | [kN] |
| 1. MIN | 0.407E+01 | -0.138E+01 | -0.596E+00 | -0.271E-04 | -0.981E-02 | -0.607E-02 | 0.639E-02 | 0.146E+01 |
| 1. MAX | 0.427E+01 | 0.148E+01 | 0.231E+01 | 0.341E-04 | 0.251E-02 | 0.646E-02 | 0.105E-01 | 0.247E+01 |

| LOADING | Sigma+ | Sigma- | Tau_V | Tau_T | Tau_tot |
|---------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|
| | [kN/m2] | [kN/m2] | [kN/m2] | [kN/m2] | [kN/m2] |
| 1. MIN | 0.181E+06 | -0.103E+06 | 0.344E+05 | 0.871E-07 | 0.346E+05 |
| 1. MAX | 0.246E+06 | -0.308E+05 | 0.581E+05 | 0.283E+03 | 0.581E+05 |

6.6.2.3. GEOMETRIA geo1_c

SFORZI NEGLI SPEZZONI DI ANCORAGGIO

ESTREMO INFERIORE

| ELEMENTO | Nx | Vy | Vz | Mt | My | Mz | M | V |
|----------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------|-----------|
| 84782. | 0.408E+01 | 0.126E+01 | 0.248E+01 | -0.121E-13 | -0.122E+00 | 0.620E-01 | 0.137E+00 | 0.278E+01 |
| 87831. | 0.429E+01 | 0.117E+01 | -0.127E+01 | 0.727E-04 | 0.625E-01 | 0.577E-01 | 0.850E-01 | 0.172E+01 |
| 90812. | 0.429E+01 | -0.117E+01 | -0.127E+01 | -0.727E-04 | 0.625E-01 | -0.577E-01 | 0.851E-01 | 0.173E+01 |
| 93741. | 0.408E+01 | -0.126E+01 | 0.249E+01 | 0.952E-14 | -0.122E+00 | -0.620E-01 | 0.137E+00 | 0.279E+01 |
| MINIMI | 0.408E+01 | -0.126E+01 | -0.127E+01 | -0.727E-04 | -0.122E+00 | -0.620E-01 | 0.850E-01 | 0.172E+01 |
| MASSIMI | 0.429E+01 | 0.126E+01 | 0.249E+01 | 0.727E-04 | 0.625E-01 | 0.620E-01 | 0.137E+00 | 0.279E+01 |

| ELEMENTO | Sigma+ | Sigma- | Tau_V | Tau_T | Tau_tot |
|----------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|
| 84782. | 0.536E+06 | -0.483E+06 | 0.241E+05 | 0.225E-07 | 0.241E+05 |
| 87831. | 0.344E+06 | -0.288E+06 | 0.149E+05 | 0.135E+03 | 0.151E+05 |
| 90812. | 0.344E+06 | -0.288E+06 | 0.149E+05 | 0.135E+03 | 0.151E+05 |
| 93741. | 0.536E+06 | -0.483E+06 | 0.241E+05 | 0.177E-07 | 0.241E+05 |
| MINIMI | 0.344E+06 | -0.483E+06 | 0.149E+05 | 0.177E-07 | 0.151E+05 |
| MASSIMI | 0.536E+06 | -0.288E+06 | 0.241E+05 | 0.135E+03 | 0.241E+05 |

ESTREMO SUPERIORE

| ELEMENTO | Nx | Vy | Vz | Mt | My | Mz | M | V |
|----------|----|----|----|----|----|----|---|---|
|----------|----|----|----|----|----|----|---|---|

| | | | | | | | | |
|--------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------|-----------|
| 84782. | 0.408E+01 | 0.126E+01 | 0.248E+01 | -0.121E-13 | 0.435E-02 | -0.220E-02 | 0.487E-02 | 0.278E+01 |
| 87831. | 0.429E+01 | 0.117E+01 | -0.127E+01 | 0.727E-04 | -0.227E-02 | -0.185E-02 | 0.293E-02 | 0.172E+01 |
| 90812. | 0.429E+01 | -0.117E+01 | -0.127E+01 | -0.727E-04 | -0.228E-02 | 0.185E-02 | 0.293E-02 | 0.173E+01 |
| 93741. | 0.408E+01 | -0.126E+01 | 0.249E+01 | 0.954E-14 | 0.435E-02 | 0.220E-02 | 0.487E-02 | 0.279E+01 |
| MINIMI | 0.408E+01 | -0.126E+01 | -0.127E+01 | -0.727E-04 | -0.228E-02 | -0.220E-02 | 0.293E-02 | 0.172E+01 |
| MASSIM | 0.429E+01 | 0.126E+01 | 0.249E+01 | 0.727E-04 | 0.435E-02 | 0.220E-02 | 0.487E-02 | 0.279E+01 |

| | | | | | |
|----------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|
| ELEMENTO | Sigma+ | Sigma- | Tau_V | Tau_T | Tau_tot |
| 84782. | 0.153E+06 | -0.896E+04 | 0.654E+05 | 0.100E-06 | 0.654E+05 |
| 87831. | 0.124E+06 | 0.269E+05 | 0.405E+05 | 0.603E+03 | 0.411E+05 |
| 90812. | 0.124E+06 | 0.269E+05 | 0.405E+05 | 0.603E+03 | 0.411E+05 |
| 93741. | 0.153E+06 | -0.898E+04 | 0.654E+05 | 0.791E-07 | 0.654E+05 |
| MINIMI | 0.124E+06 | -0.898E+04 | 0.405E+05 | 0.791E-07 | 0.411E+05 |
| MASSIM | 0.153E+06 | 0.269E+05 | 0.654E+05 | 0.603E+03 | 0.654E+05 |

STRESS SUMMARY geo1_c

| | | | | | | | | |
|--------------------------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------|-----------|
| ANCHOR STUDS - LOWER END | | | | | | | | |
| LOADING | Nx | Vy | Vz | Mt | My | Mz | M | V |
| | [kN] | [kN] | [kN] | [kNm] | [kNm] | [kNm] | [kNm] | [kN] |
| 1. MIN | 0.408E+01 | -0.126E+01 | -0.127E+01 | -0.727E-04 | -0.122E+00 | -0.620E-01 | 0.850E-01 | 0.172E+01 |
| 1. MAX | 0.429E+01 | 0.126E+01 | 0.249E+01 | 0.727E-04 | 0.625E-01 | 0.620E-01 | 0.137E+00 | 0.279E+01 |
| LOADING | Sigma+ | Sigma- | Tau_V | Tau_T | Tau_tot | | | |
| | [kN/m2] | [kN/m2] | [kN/m2] | [kN/m2] | [kN/m2] | | | |
| 1. MIN | 0.344E+06 | -0.483E+06 | 0.149E+05 | 0.177E-07 | 0.151E+05 | | | |
| 1. MAX | 0.536E+06 | -0.288E+06 | 0.241E+05 | 0.135E+03 | 0.241E+05 | | | |

| | | | | | | | | |
|--------------------------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------|-----------|
| ANCHOR STUDS - UPPER END | | | | | | | | |
| LOADING | Nx | Vy | Vz | Mt | My | Mz | M | V |
| | [kN] | [kN] | [kN] | [kNm] | [kNm] | [kNm] | [kNm] | [kN] |
| 1. MIN | 0.408E+01 | -0.126E+01 | -0.127E+01 | -0.727E-04 | -0.228E-02 | -0.220E-02 | 0.293E-02 | 0.172E+01 |
| 1. MAX | 0.429E+01 | 0.126E+01 | 0.249E+01 | 0.727E-04 | 0.435E-02 | 0.220E-02 | 0.487E-02 | 0.279E+01 |
| LOADING | Sigma+ | Sigma- | Tau_V | Tau_T | Tau_tot | | | |
| | [kN/m2] | [kN/m2] | [kN/m2] | [kN/m2] | [kN/m2] | | | |
| 1. MIN | 0.124E+06 | -0.898E+04 | 0.405E+05 | 0.791E-07 | 0.411E+05 | | | |
| 1. MAX | 0.153E+06 | 0.269E+05 | 0.654E+05 | 0.603E+03 | 0.654E+05 | | | |

6.6.2.2.4. GEOMETRIA geo2_c

SFORZI NEGLI SPEZZONI DI ANCORAGGIO

| | | | | | | | | |
|-------------------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------|-----------|
| ESTREMO INFERIORE | | | | | | | | |
| ELEMENTO | Nx | Vy | Vz | Mt | My | Mz | M | V |
| 84782. | 0.405E+01 | 0.827E+00 | 0.285E+01 | -0.129E-13 | -0.140E+00 | 0.407E-01 | 0.146E+00 | 0.296E+01 |
| 87831. | 0.426E+01 | 0.109E+01 | -0.672E+00 | 0.385E-04 | 0.331E-01 | 0.539E-01 | 0.632E-01 | 0.128E+01 |
| 90812. | 0.425E+01 | -0.951E+00 | -0.450E+00 | -0.258E-04 | 0.222E-01 | -0.471E-01 | 0.520E-01 | 0.105E+01 |
| 93741. | 0.408E+01 | -0.108E+01 | 0.231E+01 | 0.844E-14 | -0.114E+00 | -0.534E-01 | 0.126E+00 | 0.255E+01 |
| MINIMI | 0.405E+01 | -0.108E+01 | -0.672E+00 | -0.258E-04 | -0.140E+00 | -0.534E-01 | 0.520E-01 | 0.105E+01 |
| MASSIMI | 0.426E+01 | 0.109E+01 | 0.285E+01 | 0.385E-04 | 0.331E-01 | 0.539E-01 | 0.146E+00 | 0.296E+01 |

| | | | | | |
|----------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|
| ELEMENTO | Sigma+ | Sigma- | Tau_V | Tau_T | Tau_tot |
| 84782. | 0.568E+06 | -0.516E+06 | 0.257E+05 | 0.239E-07 | 0.257E+05 |
| 87831. | 0.262E+06 | -0.207E+06 | 0.111E+05 | 0.714E+02 | 0.112E+05 |
| 90812. | 0.221E+06 | -0.165E+06 | 0.912E+04 | 0.478E+02 | 0.916E+04 |
| 93741. | 0.493E+06 | -0.440E+06 | 0.221E+05 | 0.157E-07 | 0.221E+05 |
| MINIMI | 0.221E+06 | -0.516E+06 | 0.912E+04 | 0.157E-07 | 0.916E+04 |
| MASSIMI | 0.568E+06 | -0.165E+06 | 0.257E+05 | 0.714E+02 | 0.257E+05 |

| | | | | | | | | |
|-------------------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------|-----------|
| ESTREMO SUPERIORE | | | | | | | | |
| ELEMENTO | Nx | Vy | Vz | Mt | My | Mz | M | V |
| 84782. | 0.405E+01 | 0.827E+00 | 0.285E+01 | -0.129E-13 | 0.498E-02 | -0.145E-02 | 0.519E-02 | 0.296E+01 |
| 87831. | 0.426E+01 | 0.109E+01 | -0.672E+00 | 0.385E-04 | -0.120E-02 | -0.171E-02 | 0.209E-02 | 0.128E+01 |
| 90812. | 0.425E+01 | -0.951E+00 | -0.450E+00 | -0.258E-04 | -0.807E-03 | 0.146E-02 | 0.167E-02 | 0.105E+01 |
| 93741. | 0.408E+01 | -0.108E+01 | 0.231E+01 | 0.845E-14 | 0.405E-02 | 0.190E-02 | 0.447E-02 | 0.255E+01 |
| MINIMI | 0.405E+01 | -0.108E+01 | -0.672E+00 | -0.258E-04 | -0.120E-02 | -0.171E-02 | 0.167E-02 | 0.105E+01 |
| MASSIM | 0.426E+01 | 0.109E+01 | 0.285E+01 | 0.385E-04 | 0.498E-02 | 0.190E-02 | 0.519E-02 | 0.296E+01 |

| | | | | | |
|----------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|
| ELEMENTO | Sigma+ | Sigma- | Tau_V | Tau_T | Tau_tot |
| 84782. | 0.157E+06 | -0.146E+05 | 0.696E+05 | 0.107E-06 | 0.696E+05 |
| 87831. | 0.110E+06 | 0.404E+05 | 0.301E+05 | 0.319E+03 | 0.304E+05 |
| 90812. | 0.103E+06 | 0.472E+05 | 0.247E+05 | 0.214E+03 | 0.249E+05 |
| 93741. | 0.146E+06 | -0.230E+04 | 0.600E+05 | 0.701E-07 | 0.600E+05 |
| MINIMI | 0.103E+06 | -0.146E+05 | 0.247E+05 | 0.701E-07 | 0.249E+05 |

MASSIM 0.157E+06 0.472E+05 0.696E+05 0.319E+03 0.696E+05

STRESS SUMMARY geo2 c

ANCHOR STUDS - LOWER END

| LOADING | Nx | Vy | Vz | Mt | My | Mz | M | V |
|---------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------|-----------|
| | [kN] | [kN] | [kN] | [kNm] | [kNm] | [kNm] | [kNm] | [kN] |
| 1. MIN | 0.405E+01 | -0.108E+01 | -0.672E+00 | -0.258E-04 | -0.140E+00 | -0.534E-01 | 0.520E-01 | 0.105E+01 |
| 1. MAX | 0.426E+01 | 0.109E+01 | 0.285E+01 | 0.385E-04 | 0.331E-01 | 0.539E-01 | 0.146E+00 | 0.296E+01 |

| LOADING | Sigma+ | Sigma- | Tau V | Tau T | Tau tot |
|---------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|
| | [kN/m2] | [kN/m2] | [kN/m2] | [kN/m2] | [kN/m2] |
| 1. MIN | 0.221E+06 | -0.516E+06 | 0.912E+04 | 0.157E-07 | 0.916E+04 |
| 1. MAX | 0.568E+06 | -0.165E+06 | 0.257E+05 | 0.714E+02 | 0.257E+05 |

ANCHOR STUDS - UPPER END

| LOADING | Nx | Vy | Vz | Mt | My | Mz | M | V |
|---------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------|-----------|
| | [kN] | [kN] | [kN] | [kNm] | [kNm] | [kNm] | [kNm] | [kN] |
| 1. MIN | 0.405E+01 | -0.108E+01 | -0.672E+00 | -0.258E-04 | -0.120E-02 | -0.171E-02 | 0.167E-02 | 0.105E+01 |
| 1. MAX | 0.426E+01 | 0.109E+01 | 0.285E+01 | 0.385E-04 | 0.498E-02 | 0.190E-02 | 0.519E-02 | 0.296E+01 |

| LOADING | Sigma+ | Sigma- | Tau V | Tau T | Tau tot |
|---------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|
| | [kN/m2] | [kN/m2] | [kN/m2] | [kN/m2] | [kN/m2] |
| 1. MIN | 0.103E+06 | -0.146E+05 | 0.247E+05 | 0.701E-07 | 0.249E+05 |
| 1. MAX | 0.157E+06 | 0.472E+05 | 0.696E+05 | 0.319E+03 | 0.696E+05 |

6.6.2.2.5. GEOMETRIA geo1_f

SFORZI NEGLI SPEZZONI DI ANCORAGGIO

ESTREMO INFERIORE

| ELEMENTO | Nx | Vy | Vz | Mt | My | Mz | M | V |
|----------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------|-----------|
| 85244. | 0.389E+01 | 0.486E+00 | 0.169E+01 | -0.757E-14 | -0.835E-01 | 0.239E-01 | 0.868E-01 | 0.176E+01 |
| 88292. | 0.449E+01 | 0.189E+01 | -0.107E+01 | 0.619E-04 | 0.523E-01 | 0.928E-01 | 0.107E+00 | 0.218E+01 |
| 91275. | 0.449E+01 | -0.189E+01 | -0.107E+01 | -0.619E-04 | 0.523E-01 | -0.927E-01 | 0.106E+00 | 0.217E+01 |
| 94203. | 0.389E+01 | -0.487E+00 | 0.169E+01 | 0.664E-14 | -0.835E-01 | -0.240E-01 | 0.868E-01 | 0.176E+01 |
| MINIMI | 0.389E+01 | -0.189E+01 | -0.107E+01 | -0.619E-04 | -0.835E-01 | -0.927E-01 | 0.868E-01 | 0.176E+01 |
| MASSIMI | 0.449E+01 | 0.189E+01 | 0.169E+01 | 0.619E-04 | 0.523E-01 | 0.928E-01 | 0.107E+00 | 0.218E+01 |

| ELEMENTO | Sigma+ | Sigma- | Tau V | Tau T | Tau tot |
|----------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|
| 85244. | 0.348E+06 | -0.297E+06 | 0.153E+05 | 0.141E-07 | 0.153E+05 |
| 88292. | 0.425E+06 | -0.366E+06 | 0.188E+05 | 0.115E+03 | 0.190E+05 |
| 91275. | 0.424E+06 | -0.366E+06 | 0.188E+05 | 0.115E+03 | 0.190E+05 |
| 94203. | 0.348E+06 | -0.297E+06 | 0.153E+05 | 0.123E-07 | 0.153E+05 |
| MINIMI | 0.348E+06 | -0.366E+06 | 0.153E+05 | 0.123E-07 | 0.153E+05 |
| MASSIMI | 0.425E+06 | -0.297E+06 | 0.188E+05 | 0.115E+03 | 0.190E+05 |

ESTREMO SUPERIORE

| ELEMENTO | Nx | Vy | Vz | Mt | My | Mz | M | V |
|----------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------|-----------|
| 85244. | 0.389E+01 | 0.486E+00 | 0.169E+01 | -0.757E-14 | 0.297E-02 | -0.851E-03 | 0.309E-02 | 0.176E+01 |
| 88292. | 0.449E+01 | 0.189E+01 | -0.107E+01 | 0.619E-04 | -0.230E-02 | -0.381E-02 | 0.446E-02 | 0.218E+01 |
| 91275. | 0.449E+01 | -0.189E+01 | -0.107E+01 | -0.619E-04 | -0.230E-02 | 0.381E-02 | 0.445E-02 | 0.217E+01 |
| 94203. | 0.389E+01 | -0.487E+00 | 0.169E+01 | 0.663E-14 | 0.297E-02 | 0.852E-03 | 0.309E-02 | 0.176E+01 |
| MINIMI | 0.389E+01 | -0.189E+01 | -0.107E+01 | -0.619E-04 | -0.230E-02 | -0.381E-02 | 0.309E-02 | 0.176E+01 |
| MASSIM | 0.449E+01 | 0.189E+01 | 0.169E+01 | 0.619E-04 | 0.297E-02 | 0.381E-02 | 0.446E-02 | 0.218E+01 |

| ELEMENTO | Sigma+ | Sigma- | Tau V | Tau T | Tau tot |
|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 85244. | 0.646E+05 | 0.174E+05 | 0.247E+05 | 0.290E-07 | 0.247E+05 |
| 88292. | 0.813E+05 | 0.131E+05 | 0.305E+05 | 0.237E+03 | 0.308E+05 |
| 91275. | 0.813E+05 | 0.131E+05 | 0.305E+05 | 0.237E+03 | 0.307E+05 |
| 94203. | 0.646E+05 | 0.174E+05 | 0.247E+05 | 0.254E-07 | 0.247E+05 |
| MINIMI | 0.646E+05 | 0.131E+05 | 0.247E+05 | 0.254E-07 | 0.247E+05 |
| MASSIM | 0.813E+05 | 0.174E+05 | 0.305E+05 | 0.237E+03 | 0.308E+05 |

STRESS SUMMARY

ANCHOR STUDS - LOWER END

| LOADING | Nx | Vy | Vz | Mt | My | Mz | M | V |
|---------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------|-----------|
| | [kN] | [kN] | [kN] | [kNm] | [kNm] | [kNm] | [kNm] | [kN] |
| 1. MIN | 0.389E+01 | -0.189E+01 | -0.107E+01 | -0.619E-04 | -0.835E-01 | -0.927E-01 | 0.868E-01 | 0.176E+01 |
| 1. MAX | 0.449E+01 | 0.189E+01 | 0.169E+01 | 0.619E-04 | 0.523E-01 | 0.928E-01 | 0.107E+00 | 0.218E+01 |

| LOADING | Sigma+ | Sigma- | Tau V | Tau T | Tau tot |
|---------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|
| | [kN/m2] | [kN/m2] | [kN/m2] | [kN/m2] | [kN/m2] |
| 1. MIN | 0.348E+06 | -0.366E+06 | 0.153E+05 | 0.123E-07 | 0.153E+05 |

1. MAX 0.425E+06 -0.297E+06 0.188E+05 0.115E+03 0.190E+05

ANCHOR STUDS - UPPER END

| LOADING | Nx [kN] | Vy [kN] | Vz [kN] | Mt [kNm] | My [kNm] | Mz [kNm] | M [kNm] | V [kN] |
|---------|------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|------------|-----------|
| 1. MIN | 0.389E+01 | -0.189E+01 | -0.107E+01 | -0.619E-04 | -0.230E-02 | -0.381E-02 | 0.309E-02 | 0.176E+01 |
| 1. MAX | 0.449E+01 | 0.189E+01 | 0.169E+01 | 0.619E-04 | 0.297E-02 | 0.381E-02 | 0.446E-02 | 0.218E+01 |

| LOADING | Sigma+ [kN/m2] | Sigma- [kN/m2] | Tau_V [kN/m2] | Tau_T [kN/m2] | Tau_tot [kN/m2] |
|---------|-------------------|-------------------|------------------|------------------|--------------------|
| 1. MIN | 0.646E+05 | 0.131E+05 | 0.247E+05 | 0.254E-07 | 0.247E+05 |
| 1. MAX | 0.813E+05 | 0.174E+05 | 0.305E+05 | 0.237E+03 | 0.308E+05 |

6.6.2.2.6. GEOMETRIA geo2_f

SFORZI NEGLI SPEZZONI DI ANCORAGGIO

ESTREMO INFERIORE

| ELEMENTO | Nx | Vy | Vz | Mt | My | Mz | M | V |
|----------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------|-----------|
| 85244. | 0.389E+01 | 0.592E+00 | 0.194E+01 | -0.944E-14 | -0.956E-01 | 0.291E-01 | 0.999E-01 | 0.203E+01 |
| 88292. | 0.449E+01 | 0.210E+01 | -0.969E+00 | 0.560E-04 | 0.473E-01 | 0.103E+00 | 0.113E+00 | 0.231E+01 |
| 91275. | 0.446E+01 | -0.166E+01 | -0.658E+00 | -0.380E-04 | 0.321E-01 | -0.812E-01 | 0.873E-01 | 0.178E+01 |
| 94203. | 0.392E+01 | -0.951E+00 | 0.148E+01 | 0.596E-14 | -0.729E-01 | -0.468E-01 | 0.867E-01 | 0.176E+01 |
| MINIMI | 0.389E+01 | -0.166E+01 | -0.969E+00 | -0.380E-04 | -0.956E-01 | -0.812E-01 | 0.867E-01 | 0.176E+01 |
| MASSIMI | 0.449E+01 | 0.210E+01 | 0.194E+01 | 0.560E-04 | 0.473E-01 | 0.103E+00 | 0.113E+00 | 0.231E+01 |

| ELEMENTO | Sigma+ [kN/m2] | Sigma- [kN/m2] | Tau_V [kN/m2] | Tau_T [kN/m2] | Tau_tot [kN/m2] |
|----------|-------------------|-------------------|------------------|------------------|--------------------|
| 85244. | 0.396E+06 | -0.346E+06 | 0.176E+05 | 0.175E-07 | 0.176E+05 |
| 88292. | 0.450E+06 | -0.391E+06 | 0.200E+05 | 0.104E+03 | 0.202E+05 |
| 91275. | 0.353E+06 | -0.295E+06 | 0.154E+05 | 0.706E+02 | 0.155E+05 |
| 94203. | 0.347E+06 | -0.296E+06 | 0.152E+05 | 0.111E-07 | 0.152E+05 |
| MINIMI | 0.347E+06 | -0.391E+06 | 0.152E+05 | 0.111E-07 | 0.152E+05 |
| MASSIMI | 0.450E+06 | -0.295E+06 | 0.200E+05 | 0.104E+03 | 0.202E+05 |

ESTREMO SUPERIORE

| ELEMENTO | Nx | Vy | Vz | Mt | My | Mz | M | V |
|----------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------|-----------|
| 85244. | 0.389E+01 | 0.592E+00 | 0.194E+01 | -0.943E-14 | 0.340E-02 | -0.104E-02 | 0.355E-02 | 0.203E+01 |
| 88292. | 0.449E+01 | 0.210E+01 | -0.969E+00 | 0.560E-04 | -0.208E-02 | -0.426E-02 | 0.474E-02 | 0.231E+01 |
| 91275. | 0.446E+01 | -0.166E+01 | -0.658E+00 | -0.380E-04 | -0.141E-02 | 0.330E-02 | 0.359E-02 | 0.178E+01 |
| 94203. | 0.392E+01 | -0.951E+00 | 0.148E+01 | 0.597E-14 | 0.259E-02 | 0.166E-02 | 0.308E-02 | 0.176E+01 |
| MINIMI | 0.389E+01 | -0.166E+01 | -0.969E+00 | -0.380E-04 | -0.208E-02 | -0.426E-02 | 0.308E-02 | 0.176E+01 |
| MASSIM | 0.449E+01 | 0.210E+01 | 0.194E+01 | 0.560E-04 | 0.340E-02 | 0.330E-02 | 0.474E-02 | 0.231E+01 |

| ELEMENTO | Sigma+ [kN/m2] | Sigma- [kN/m2] | Tau_V [kN/m2] | Tau_T [kN/m2] | Tau_tot [kN/m2] |
|----------|-------------------|-------------------|------------------|------------------|--------------------|
| 85244. | 0.681E+05 | 0.138E+05 | 0.285E+05 | 0.361E-07 | 0.285E+05 |
| 88292. | 0.835E+05 | 0.109E+05 | 0.325E+05 | 0.214E+03 | 0.327E+05 |
| 91275. | 0.745E+05 | 0.195E+05 | 0.250E+05 | 0.146E+03 | 0.252E+05 |
| 94203. | 0.648E+05 | 0.176E+05 | 0.247E+05 | 0.228E-07 | 0.247E+05 |
| MINIMI | 0.648E+05 | 0.109E+05 | 0.247E+05 | 0.228E-07 | 0.247E+05 |
| MASSIM | 0.835E+05 | 0.195E+05 | 0.325E+05 | 0.214E+03 | 0.327E+05 |

STRESS SUMMARY

ANCHOR STUDS - LOWER END

| LOADING | Nx [kN] | Vy [kN] | Vz [kN] | Mt [kNm] | My [kNm] | Mz [kNm] | M [kNm] | V [kN] |
|---------|------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|------------|-----------|
| 1. MIN | 0.389E+01 | -0.166E+01 | -0.969E+00 | -0.380E-04 | -0.956E-01 | -0.812E-01 | 0.867E-01 | 0.176E+01 |
| 1. MAX | 0.449E+01 | 0.210E+01 | 0.194E+01 | 0.560E-04 | 0.473E-01 | 0.103E+00 | 0.113E+00 | 0.231E+01 |

| LOADING | Sigma+ [kN/m2] | Sigma- [kN/m2] | Tau_V [kN/m2] | Tau_T [kN/m2] | Tau_tot [kN/m2] |
|---------|-------------------|-------------------|------------------|------------------|--------------------|
| 1. MIN | 0.347E+06 | -0.391E+06 | 0.152E+05 | 0.111E-07 | 0.152E+05 |
| 1. MAX | 0.450E+06 | -0.295E+06 | 0.200E+05 | 0.104E+03 | 0.202E+05 |

ANCHOR STUDS - UPPER END

| LOADING | Nx [kN] | Vy [kN] | Vz [kN] | Mt [kNm] | My [kNm] | Mz [kNm] | M [kNm] | V [kN] |
|---------|------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|------------|-----------|
| 1. MIN | 0.389E+01 | -0.166E+01 | -0.969E+00 | -0.380E-04 | -0.208E-02 | -0.426E-02 | 0.308E-02 | 0.176E+01 |
| 1. MAX | 0.449E+01 | 0.210E+01 | 0.194E+01 | 0.560E-04 | 0.340E-02 | 0.330E-02 | 0.474E-02 | 0.231E+01 |

| LOADING | Sigma+ [kN/m2] | Sigma- [kN/m2] | Tau_V [kN/m2] | Tau_T [kN/m2] | Tau_tot [kN/m2] |
|---------|-------------------|-------------------|------------------|------------------|--------------------|
| 1. MIN | 0.648E+05 | 0.109E+05 | 0.247E+05 | 0.228E-07 | 0.247E+05 |
| 1. MAX | 0.835E+05 | 0.195E+05 | 0.325E+05 | 0.214E+03 | 0.327E+05 |

6.6.2.2.7. GEOMETRIA geo1_g

SFORZI NEGLI SPEZZONI DI ANCORAGGIO
ESTREMO INFERIORE

| ELEMENTO | Nx | Vy | Vz | Mt | My | Mz | M | V |
|----------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------|-----------|
| 85244. | 0.389E+01 | 0.381E+00 | 0.170E+01 | -0.756E-14 | -0.836E-01 | 0.187E-01 | 0.857E-01 | 0.174E+01 |
| 88292. | 0.448E+01 | 0.188E+01 | -0.885E+00 | 0.512E-04 | 0.432E-01 | 0.919E-01 | 0.102E+00 | 0.207E+01 |
| 91275. | 0.448E+01 | -0.187E+01 | -0.884E+00 | -0.511E-04 | 0.432E-01 | -0.918E-01 | 0.101E+00 | 0.207E+01 |
| 94203. | 0.389E+01 | -0.381E+00 | 0.170E+01 | 0.645E-14 | -0.836E-01 | -0.188E-01 | 0.857E-01 | 0.174E+01 |
| MINIMI | 0.389E+01 | -0.187E+01 | -0.885E+00 | -0.511E-04 | -0.836E-01 | -0.918E-01 | 0.857E-01 | 0.174E+01 |
| MASSIMI | 0.448E+01 | 0.188E+01 | 0.170E+01 | 0.512E-04 | 0.432E-01 | 0.919E-01 | 0.102E+00 | 0.207E+01 |

| ELEMENTO | Sigma+ | Sigma- | Tau_V | Tau_T | Tau_tot |
|----------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|
| 85244. | 0.343E+06 | -0.293E+06 | 0.151E+05 | 0.140E-07 | 0.151E+05 |
| 88292. | 0.406E+06 | -0.348E+06 | 0.180E+05 | 0.950E+02 | 0.181E+05 |
| 91275. | 0.406E+06 | -0.348E+06 | 0.180E+05 | 0.949E+02 | 0.180E+05 |
| 94203. | 0.343E+06 | -0.293E+06 | 0.151E+05 | 0.120E-07 | 0.151E+05 |
| MINIMI | 0.343E+06 | -0.348E+06 | 0.151E+05 | 0.120E-07 | 0.151E+05 |
| MASSIMI | 0.406E+06 | -0.293E+06 | 0.180E+05 | 0.950E+02 | 0.181E+05 |

ESTREMO SUPERIORE

| ELEMENTO | Nx | Vy | Vz | Mt | My | Mz | M | V |
|----------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------|-----------|
| 85244. | 0.389E+01 | 0.381E+00 | 0.170E+01 | -0.756E-14 | 0.297E-02 | -0.666E-03 | 0.305E-02 | 0.174E+01 |
| 88292. | 0.448E+01 | 0.188E+01 | -0.885E+00 | 0.512E-04 | -0.190E-02 | -0.377E-02 | 0.423E-02 | 0.207E+01 |
| 91275. | 0.448E+01 | -0.187E+01 | -0.884E+00 | -0.511E-04 | -0.190E-02 | 0.377E-02 | 0.422E-02 | 0.207E+01 |
| 94203. | 0.389E+01 | -0.381E+00 | 0.170E+01 | 0.646E-14 | 0.297E-02 | 0.667E-03 | 0.305E-02 | 0.174E+01 |
| MINIMI | 0.389E+01 | -0.187E+01 | -0.885E+00 | -0.511E-04 | -0.190E-02 | -0.377E-02 | 0.305E-02 | 0.174E+01 |
| MASSIM | 0.448E+01 | 0.188E+01 | 0.170E+01 | 0.512E-04 | 0.297E-02 | 0.377E-02 | 0.423E-02 | 0.207E+01 |

| ELEMENTO | Sigma+ | Sigma- | Tau_V | Tau_T | Tau_tot |
|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 85244. | 0.119E+06 | 0.180E+05 | 0.409E+05 | 0.627E-07 | 0.409E+05 |
| 88292. | 0.149E+06 | 0.881E+04 | 0.487E+05 | 0.424E+03 | 0.491E+05 |
| 91275. | 0.149E+06 | 0.885E+04 | 0.487E+05 | 0.424E+03 | 0.491E+05 |
| 94203. | 0.119E+06 | 0.180E+05 | 0.409E+05 | 0.536E-07 | 0.409E+05 |
| MINIMI | 0.119E+06 | 0.881E+04 | 0.409E+05 | 0.536E-07 | 0.409E+05 |
| MASSIM | 0.149E+06 | 0.180E+05 | 0.487E+05 | 0.424E+03 | 0.491E+05 |

STRESS SUMMARY

ANCHOR STUDS - LOWER END

| LOADING | Nx | Vy | Vz | Mt | My | Mz | M | V |
|---------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------|-----------|
| | [kN] | [kN] | [kN] | [kNm] | [kNm] | [kNm] | [kNm] | [kN] |
| 1. MIN | 0.389E+01 | -0.187E+01 | -0.885E+00 | -0.511E-04 | -0.836E-01 | -0.918E-01 | 0.857E-01 | 0.174E+01 |
| 1. MAX | 0.448E+01 | 0.188E+01 | 0.170E+01 | 0.512E-04 | 0.432E-01 | 0.919E-01 | 0.102E+00 | 0.207E+01 |

| LOADING | Sigma+ | Sigma- | Tau_V | Tau_T | Tau_tot |
|---------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|
| | [kN/m2] | [kN/m2] | [kN/m2] | [kN/m2] | [kN/m2] |
| 1. MIN | 0.343E+06 | -0.348E+06 | 0.151E+05 | 0.120E-07 | 0.151E+05 |
| 1. MAX | 0.406E+06 | -0.293E+06 | 0.180E+05 | 0.950E+02 | 0.181E+05 |

ANCHOR STUDS - UPPER END

| LOADING | Nx | Vy | Vz | Mt | My | Mz | M | V |
|---------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------|-----------|
| | [kN] | [kN] | [kN] | [kNm] | [kNm] | [kNm] | [kNm] | [kN] |
| 1. MIN | 0.389E+01 | -0.187E+01 | -0.885E+00 | -0.511E-04 | -0.190E-02 | -0.377E-02 | 0.305E-02 | 0.174E+01 |
| 1. MAX | 0.448E+01 | 0.188E+01 | 0.170E+01 | 0.512E-04 | 0.297E-02 | 0.377E-02 | 0.423E-02 | 0.207E+01 |

| LOADING | Sigma+ | Sigma- | Tau_V | Tau_T | Tau_tot |
|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | [kN/m2] | [kN/m2] | [kN/m2] | [kN/m2] | [kN/m2] |
| 1. MIN | 0.119E+06 | 0.881E+04 | 0.409E+05 | 0.536E-07 | 0.409E+05 |
| 1. MAX | 0.149E+06 | 0.180E+05 | 0.487E+05 | 0.424E+03 | 0.491E+05 |

6.6.2.2.8. GEOMETRIA geo2_g

SFORZI NEGLI SPEZZONI DI ANCORAGGIO
ESTREMO INFERIORE

| ELEMENTO | Nx | Vy | Vz | Mt | My | Mz | M | V |
|----------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------|-----------|
| 85244. | 0.389E+01 | 0.617E+00 | 0.194E+01 | -0.916E-14 | -0.953E-01 | 0.304E-01 | 0.100E+00 | 0.203E+01 |
| 88292. | 0.448E+01 | 0.205E+01 | -0.927E+00 | 0.536E-04 | 0.453E-01 | 0.101E+00 | 0.110E+00 | 0.225E+01 |
| 91275. | 0.446E+01 | -0.168E+01 | -0.651E+00 | -0.377E-04 | 0.318E-01 | -0.823E-01 | 0.883E-01 | 0.180E+01 |
| 94203. | 0.391E+01 | -0.934E+00 | 0.151E+01 | 0.527E-14 | -0.743E-01 | -0.460E-01 | 0.874E-01 | 0.177E+01 |
| MINIMI | 0.389E+01 | -0.168E+01 | -0.927E+00 | -0.377E-04 | -0.953E-01 | -0.823E-01 | 0.874E-01 | 0.177E+01 |
| MASSIMI | 0.448E+01 | 0.205E+01 | 0.194E+01 | 0.536E-04 | 0.453E-01 | 0.101E+00 | 0.110E+00 | 0.225E+01 |

| ELEMENTO | Sigma+ | Sigma- | Tau_V | Tau_T | Tau_tot |
|----------|--------|--------|-------|-------|---------|
|----------|--------|--------|-------|-------|---------|

| | | | | | |
|---------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|
| 85244. | 0.397E+06 | -0.346E+06 | 0.176E+05 | 0.170E-07 | 0.176E+05 |
| 88292. | 0.439E+06 | -0.380E+06 | 0.195E+05 | 0.994E+02 | 0.196E+05 |
| 91275. | 0.357E+06 | -0.299E+06 | 0.156E+05 | 0.699E+02 | 0.157E+05 |
| 94203. | 0.350E+06 | -0.299E+06 | 0.154E+05 | 0.979E-08 | 0.154E+05 |
| MINIMI | 0.350E+06 | -0.380E+06 | 0.154E+05 | 0.979E-08 | 0.154E+05 |
| MASSIMI | 0.439E+06 | -0.299E+06 | 0.195E+05 | 0.994E+02 | 0.196E+05 |

| ESTREMO SUPERIORE | | | | | | | | | |
|-------------------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------|-----------|--|
| ELEMENTO | Nx | Vy | Vz | Mt | My | Mz | M | V | |
| 85244. | 0.389E+01 | 0.617E+00 | 0.194E+01 | -0.917E-14 | 0.339E-02 | -0.108E-02 | 0.356E-02 | 0.203E+01 | |
| 88292. | 0.448E+01 | 0.205E+01 | -0.927E+00 | 0.536E-04 | -0.199E-02 | -0.416E-02 | 0.461E-02 | 0.225E+01 | |
| 91275. | 0.446E+01 | -0.168E+01 | -0.651E+00 | -0.377E-04 | -0.140E-02 | 0.335E-02 | 0.363E-02 | 0.180E+01 | |
| 94203. | 0.391E+01 | -0.934E+00 | 0.151E+01 | 0.527E-14 | 0.264E-02 | 0.163E-02 | 0.311E-02 | 0.177E+01 | |
| MINIMI | 0.389E+01 | -0.168E+01 | -0.927E+00 | -0.377E-04 | -0.199E-02 | -0.416E-02 | 0.311E-02 | 0.177E+01 | |
| MASSIM | 0.448E+01 | 0.205E+01 | 0.194E+01 | 0.536E-04 | 0.339E-02 | 0.335E-02 | 0.461E-02 | 0.225E+01 | |

| ELEMENTO | Sigma+ | Sigma- | Tau V | Tau T | Tau tot |
|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 85244. | 0.128E+06 | 0.962E+04 | 0.477E+05 | 0.760E-07 | 0.477E+05 |
| 88292. | 0.155E+06 | 0.255E+04 | 0.529E+05 | 0.444E+03 | 0.534E+05 |
| 91275. | 0.139E+06 | 0.184E+05 | 0.423E+05 | 0.312E+03 | 0.426E+05 |
| 94203. | 0.121E+06 | 0.175E+05 | 0.417E+05 | 0.437E-07 | 0.417E+05 |
| MINIMI | 0.121E+06 | 0.255E+04 | 0.417E+05 | 0.437E-07 | 0.417E+05 |
| MASSIM | 0.155E+06 | 0.184E+05 | 0.529E+05 | 0.444E+03 | 0.534E+05 |

STRESS SUMMARY

ANCHOR STUDS - LOWER END

| LOADING | Nx | Vy | Vz | Mt | My | Mz | M | V |
|---------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------|-----------|
| | [kN] | [kN] | [kN] | [kNm] | [kNm] | [kNm] | [kNm] | [kN] |
| 1. MIN | 0.389E+01 | -0.168E+01 | -0.927E+00 | -0.377E-04 | -0.953E-01 | -0.823E-01 | 0.874E-01 | 0.177E+01 |
| 1. MAX | 0.448E+01 | 0.205E+01 | 0.194E+01 | 0.536E-04 | 0.453E-01 | 0.101E+00 | 0.110E+00 | 0.225E+01 |

| LOADING | Sigma+ | Sigma- | Tau V | Tau T | Tau tot |
|---------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|
| | [kN/m2] | [kN/m2] | [kN/m2] | [kN/m2] | [kN/m2] |
| 1. MIN | 0.350E+06 | -0.380E+06 | 0.154E+05 | 0.979E-08 | 0.154E+05 |
| 1. MAX | 0.439E+06 | -0.299E+06 | 0.195E+05 | 0.994E+02 | 0.196E+05 |

ANCHOR STUDS - UPPER END

| LOADING | Nx | Vy | Vz | Mt | My | Mz | M | V |
|---------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------|-----------|
| | [kN] | [kN] | [kN] | [kNm] | [kNm] | [kNm] | [kNm] | [kN] |
| 1. MIN | 0.389E+01 | -0.168E+01 | -0.927E+00 | -0.377E-04 | -0.199E-02 | -0.416E-02 | 0.311E-02 | 0.177E+01 |
| 1. MAX | 0.448E+01 | 0.205E+01 | 0.194E+01 | 0.536E-04 | 0.339E-02 | 0.335E-02 | 0.461E-02 | 0.225E+01 |

| LOADING | Sigma+ | Sigma- | Tau V | Tau T | Tau tot |
|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | [kN/m2] | [kN/m2] | [kN/m2] | [kN/m2] | [kN/m2] |
| 1. MIN | 0.121E+06 | 0.255E+04 | 0.417E+05 | 0.437E-07 | 0.417E+05 |
| 1. MAX | 0.155E+06 | 0.184E+05 | 0.529E+05 | 0.444E+03 | 0.534E+05 |

6.6.2.3. Sforzi massimi nella pelle del pannello

Come consueto si generano dei picchi di sollecitazione nella pelle del pannello, ai quattro vertici, in corrispondenza delle discontinuità tra le piattabande superiori delle Z tangenti e radiali. In tale zona infatti la pelle rimane l'unico elemento di continuità. Il valore numerico ottenuto dalla modellazione ad elementi finiti di tali picchi di sforzo (prossimi ai 500MPa) valutati con calcolo elastico lineare in corrispondenza di discontinuità geometrica, sono scarsamente significativi in quanto influenzati dalla mesh utilizzata, tuttavia esso testimonia l'esistenza di elevati sollecitazioni per tale condizione di carico. Una vista di dettaglio è riportata in Figura 6-102.

Lo stato di sollecitazione locale in prossimità degli ancoraggi resta praticamente invariato nella variante "tipo b" (v. Figura 6-104), mentre si riduce sostanzialmente, (-60% sui valori di picco) nella "variante tipo d" (V. Figura 6-104) per ricrescere leggermente nelle varianti tipo f/g.

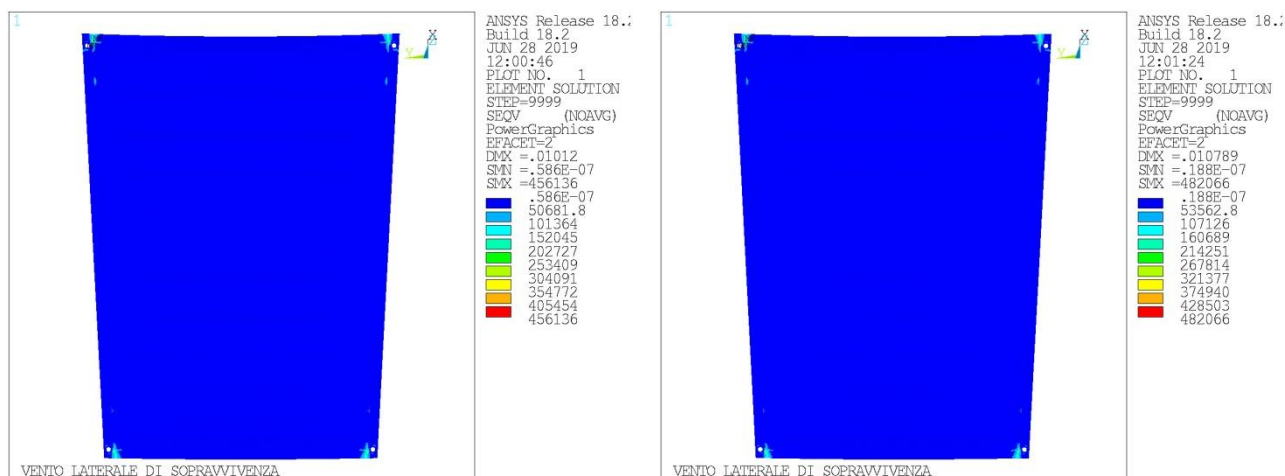


Figura 6-101– Vento laterale di sopravvivenza. Sforzi equivalenti (von Mises) nella pelle del pannello nella geometria geo1_a (SX) e geo2_a (DX)

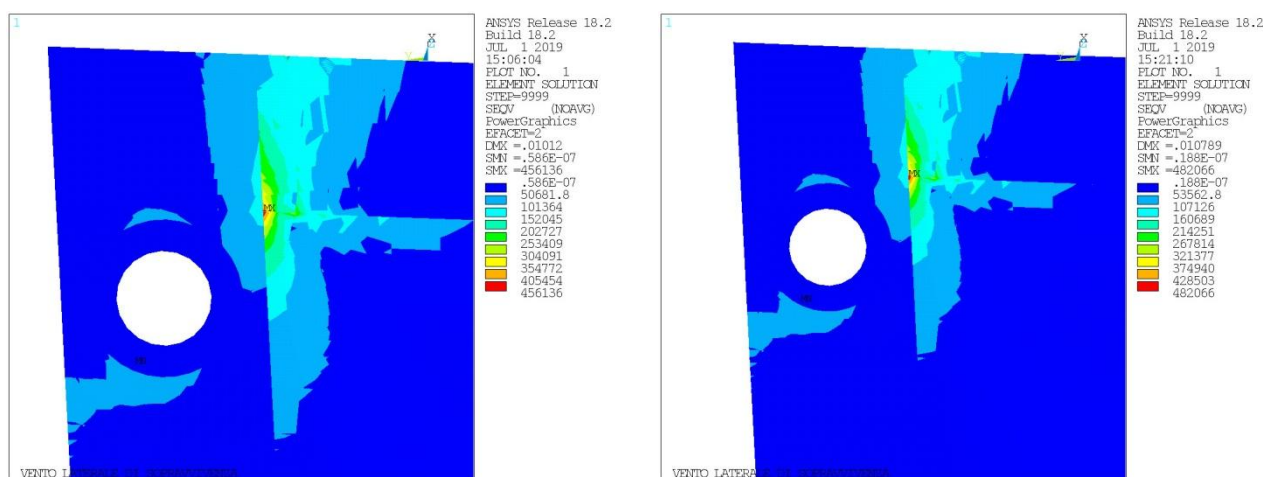


Figura 6-102– Vento laterale di sopravvivenza. Dettaglio del picco degli sforzi equivalenti (von Mises) nella pelle del pannello nella geometria geo1_a (SX) e geo2_a (DX)

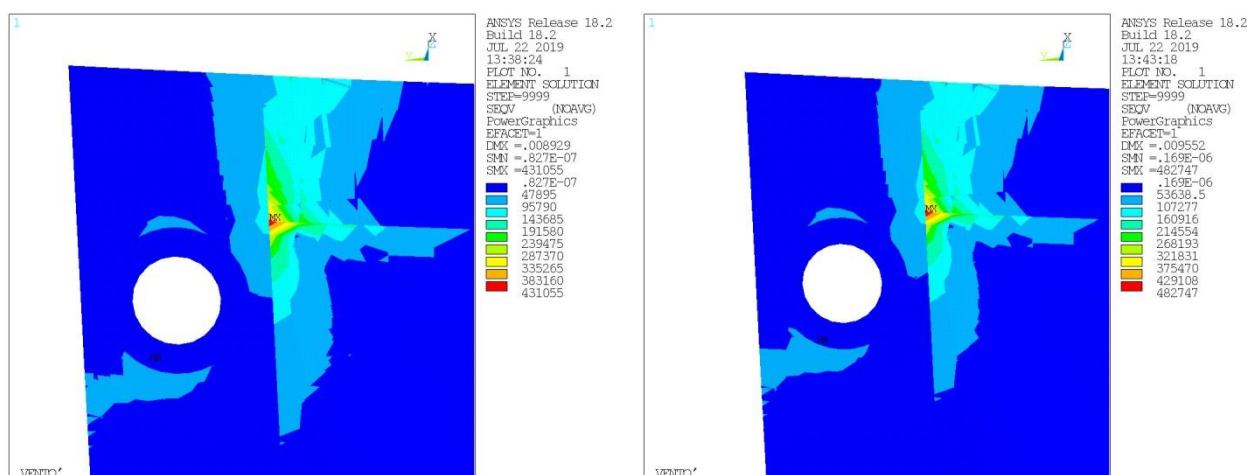


Figura 6-103– Vento laterale di sopravvivenza. Dettaglio del picco degli sforzi equivalenti (von Mises) nella pelle del pannello nella geometria geo1_b (SX) e geo2_b (DX)

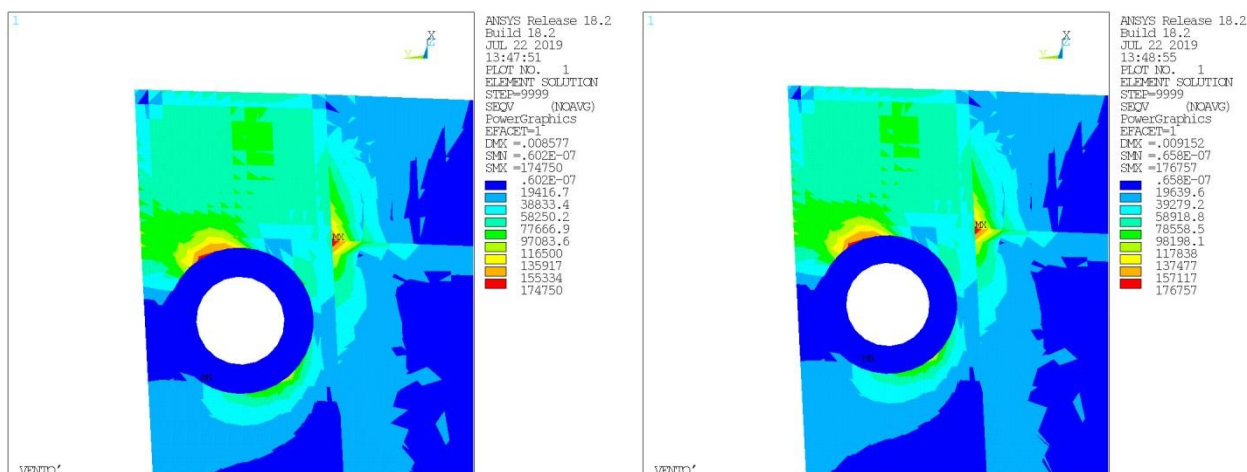


Figura 6-104– Vento laterale di sopravvivenza. Dettaglio del picco degli sforzi equivalenti (von Mises) nella pelle del pannello nella geometria geo1_d (SX) e geo2_d(DX)

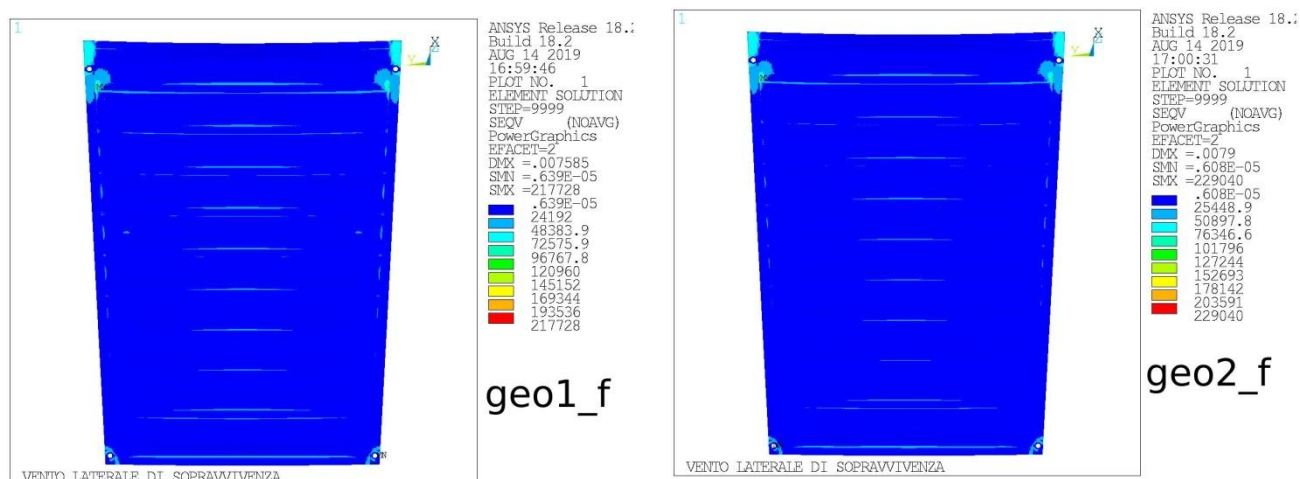


Figura 6-105– Vento laterale di sopravvivenza. Sforzi equivalenti (von Mises) nella pelle del pannello nella geometria geo1_f (SX) e geo2_f(DX)

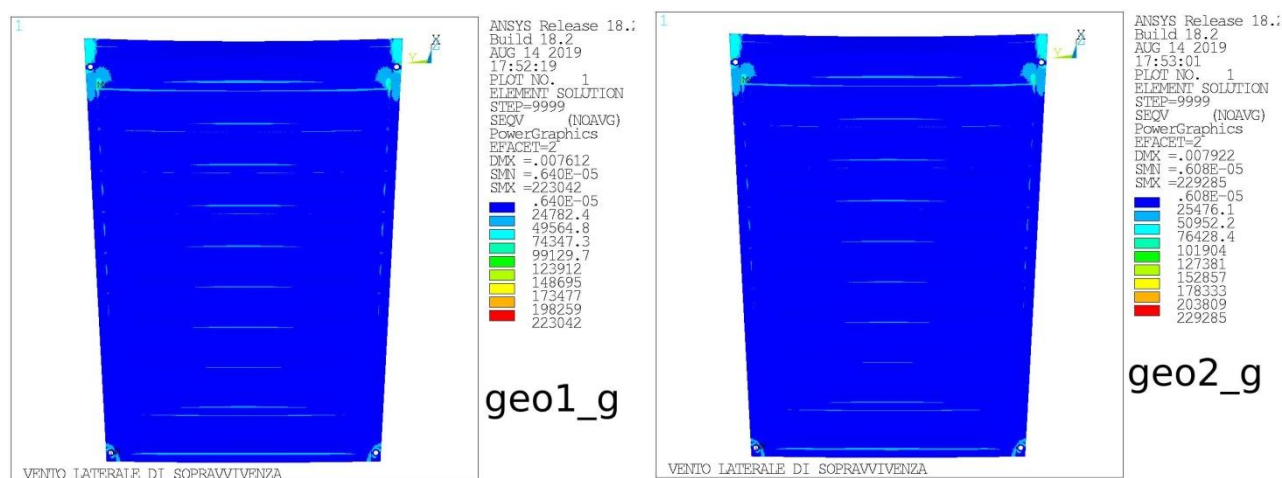


Figura 6-106– Vento laterale di sopravvivenza. Sforzi equivalenti (von Mises) nella pelle del pannello nella geometria geo1_g (SX) e geo2_g(DX)

6.6.2.4. Sforzi massimi nelle piastre di ancoraggio degli spezzoni

Lo schema dei carichi generati dal vento laterale sugli spezzoni (V. Figura 6-107) evidenzia come la flessione della piastra di nodo sia diversa nelle due sezioni a-a e b-b evidenziate in figura.

Nella sezione b-b le flessioni generate dalla "lift force" (F_L) vanno a sommarsi a quelle generate dalla "drag force" (F_D), mentre nella sezione a-a i due contributi si compensano parzialmente.

Ciò spiega la notevole dissimmetria degli sforzi massimi riscontrabile in Figura 6-108 e Figura 6-109.

Per la condizione di carico applicata gli sforzi massimi equivalenti raggiungono 934 e 970 MPa rispettivamente nelle due geometrie geo1_a e geo2_a. L'aumento dello spessore della piastra, da 8 a 12mm (assieme all'incremento del diametro della base rigida degli spezzoni da Ø25 a Ø30mm), abbatta il massimo sforzo equivalente a 427 e 475 MPa rispettivamente nelle configurazioni geo1_d e geo2_d oppure 480 / 502 nelle configurazioni geo1_c e geo2_c.

Nell'ipotesi di comportamento lineare, tali picchi di sforzo andrebbero abbattuti con un coefficiente 0.64 (1242/1929), qualora si prendessero come riferimento i carichi stabiliti dalla normativa vigente invece dei carichi di progetto dichiarati a suo tempo dal progettista dell'antenna. I picchi di sforzo sarebbero in tal caso pari a 600 / 624 MPa nelle due geometrie geo1_a geo2_a originarie e 273 / 304 MPa nelle due geometrie geo1_d geo2_d.

Le configurazioni geo1_f/g geo2_f/g consentono un'ulteriore riduzione dello sforzo nelle piastre a 402 / 398 MPa rispettivamente nei casi geo2_f / geo2_g con i carichi del progetto originario che diventerebbero 257/255 MPa con i carichi della normativa vigente.

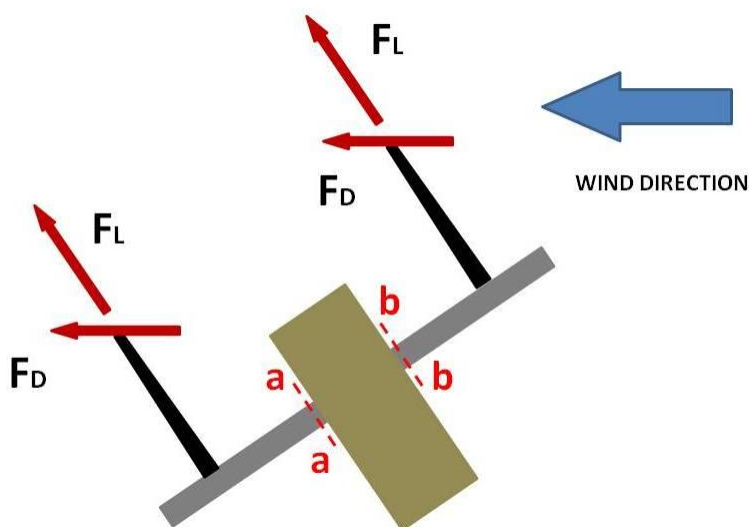


Figura 6-107– Schema dei carichi sugli spezzoni per vento laterale

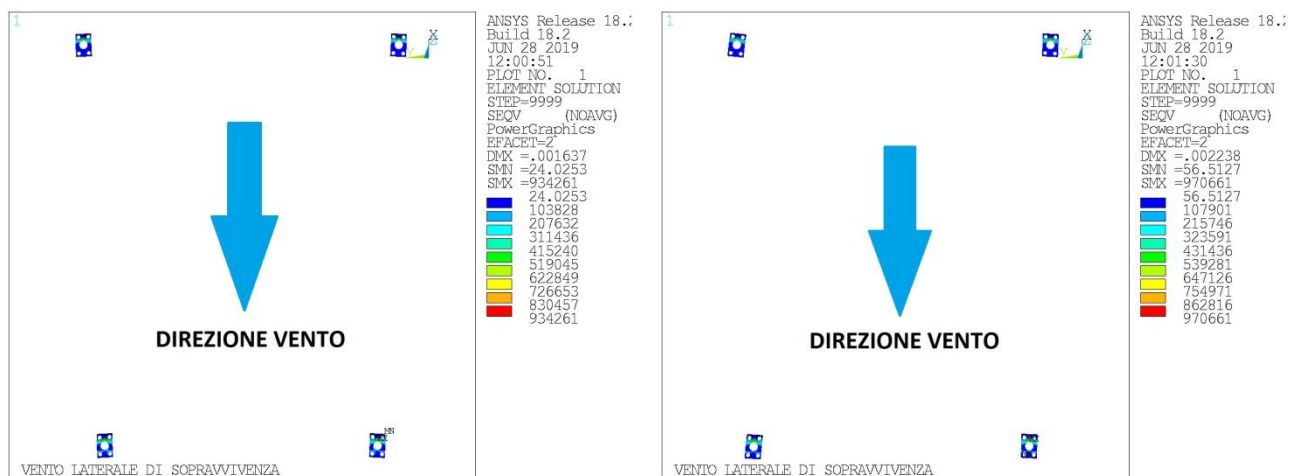


Figura 6-108– Vento laterale di sopravvivenza. Sforzi equivalenti (von Mises) nelle piastre degli spezzoni geometria geo1_a (SX) e geo2_a(DX)

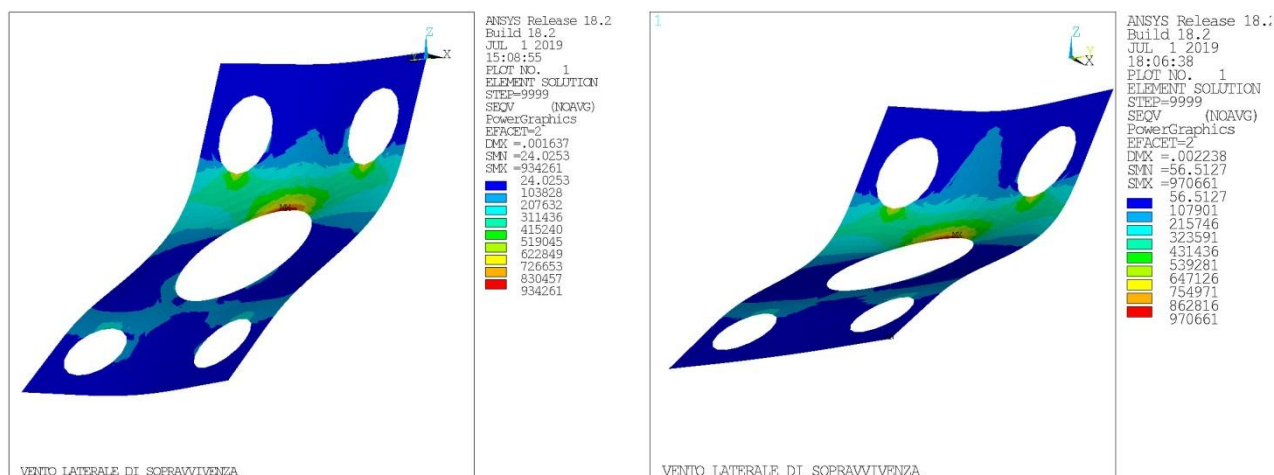


Figura 6-109– Vento laterale di sopravvivenza. Dettaglio degli sforzi equivalenti (von Mises) nelle piastre degli spezzoni geometria geo1_a (SX) e geo2_a(DX)

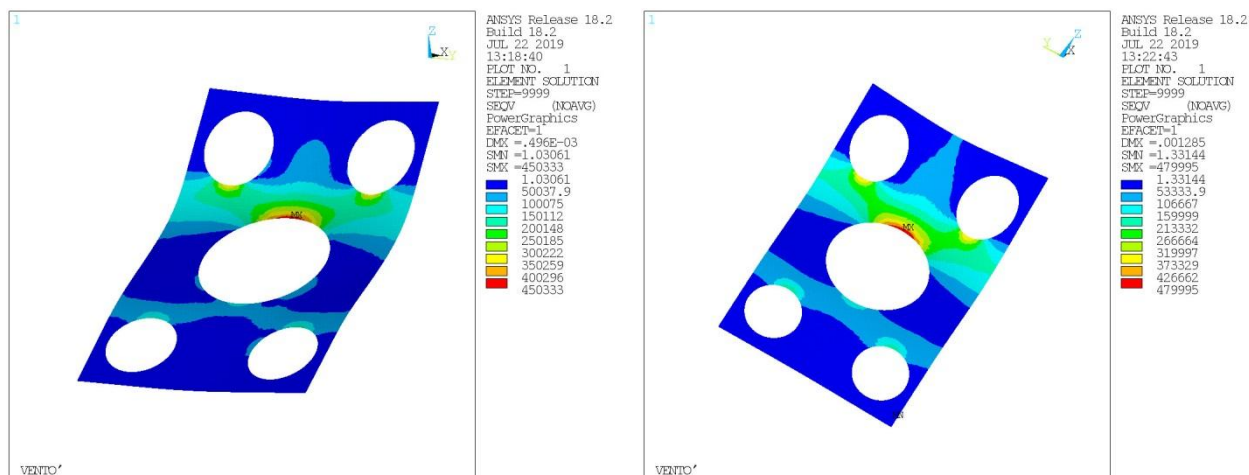


Figura 6-110– Vento laterale di sopravvivenza. Dettaglio degli sforzi equivalenti (von Mises) nelle piastre degli spezzoni geometria geo1_b (SX) e geo2_b(DX)

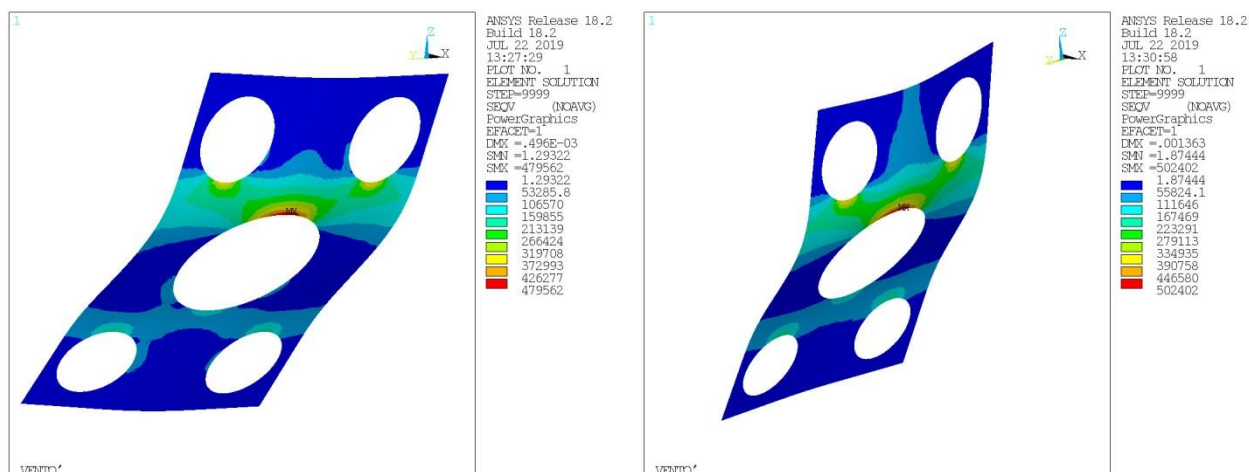


Figura 6-111– Vento laterale di sopravvivenza. Dettaglio degli sforzi equivalenti (von Mises) nelle piastre degli spezzoni geometria geo1_c (SX) e geo2_c(DX)

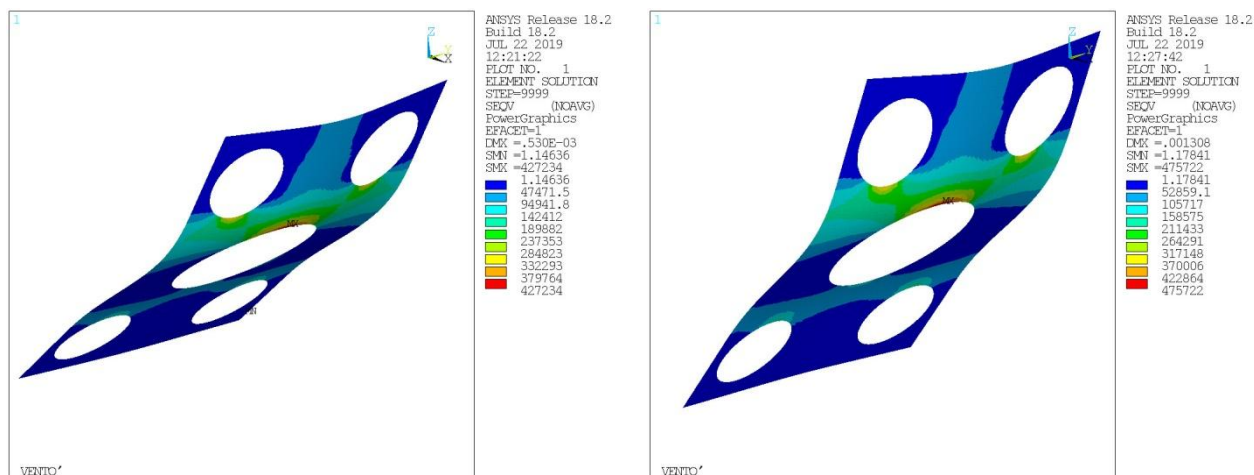


Figura 6-112– Vento laterale di sopravvivenza. Dettaglio degli sforzi equivalenti (von Mises) nelle piastre degli spezzoni geometria geo1_d (SX) e geo2_d(DX)

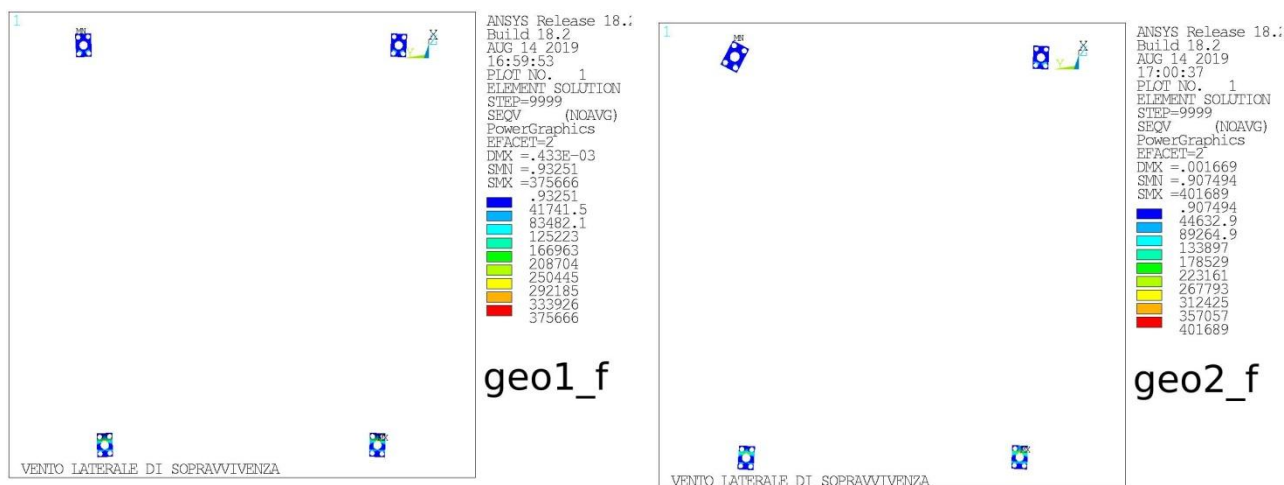


Figura 6-113– Vento laterale di sopravvivenza. Sforzi equivalenti (von Mises) nelle piastre degli spezzoni geometria geo1_f (SX) e geo2_f(DX)

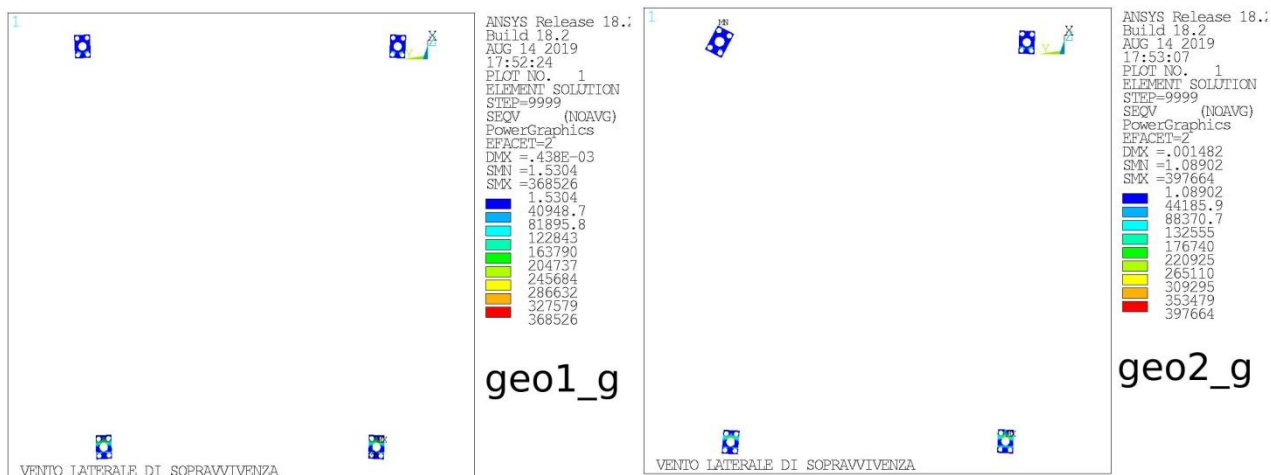


Figura 6-114– Vento laterale di sopravvivenza. Sforzi equivalenti (von Mises) nelle piastre degli spezzoni geometria geo1_g (SX) e geo2_g(DX)

6.7. Neve

Gli effetti del carico da neve sono stati valutati per le due geometria geo1_a e geo2_a. Anche in questo caso sugli spezzoni dei pannelli adiacenti, non modellati, sono stati applicati carichi desunti sulla base delle azioni trasmesse agli spezzoni dal pannello modellato.

Le azioni dei pannelli del ring 5 sono state ottenute da quelle del ring 6, scalate proporzionalmente alle superfici del pannello.

I risultati riportati nel seguente capitolo si riferiscono esclusivamente agli effetti della neve, senza tener in conto il peso proprio del pannello.

6.7.1. Deformata del pannello

Tali informazioni vengono riportata per completezza essendo chiaro che, in caso di neve, la deformata del pannello non riveste particolare significato, ovviamente a patto che non vengano superati i limiti elastici dei materiali.

| Condizione di carico | geometria | Un medio [µm] | Un min. [µm] | Un max [µm] | PtoV [µm] | RMS1 [µm] | RMS2 [µm] |
|----------------------|-----------|---------------|--------------|-------------|-----------|-----------|-----------|
| Neve | geo1_a | 1306 | 2206 | 428 | 2633 | 508 | 1401 |
| | geo2_a | -1296 | -2194 | 433 | 2627 | 507 | 1391 |

Tabella 26 – Parametri di deformabilità per carichi da neve

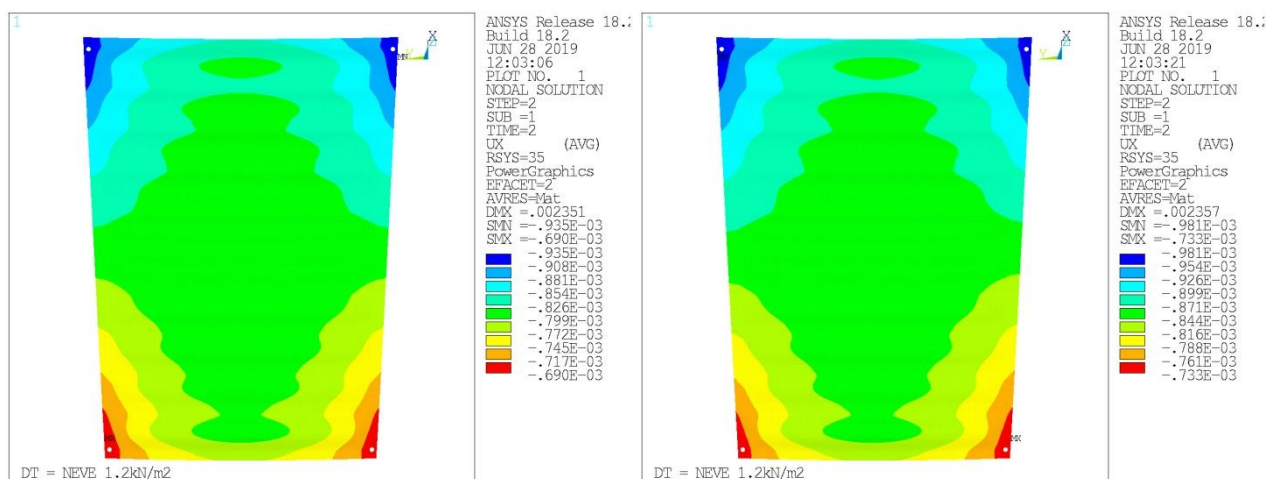


Figura 6-115– Neve. Componente di spostamento X (“radiale”) nel piano secante del pannello - geometria geo1_a (SX) e geo2_a(DX)

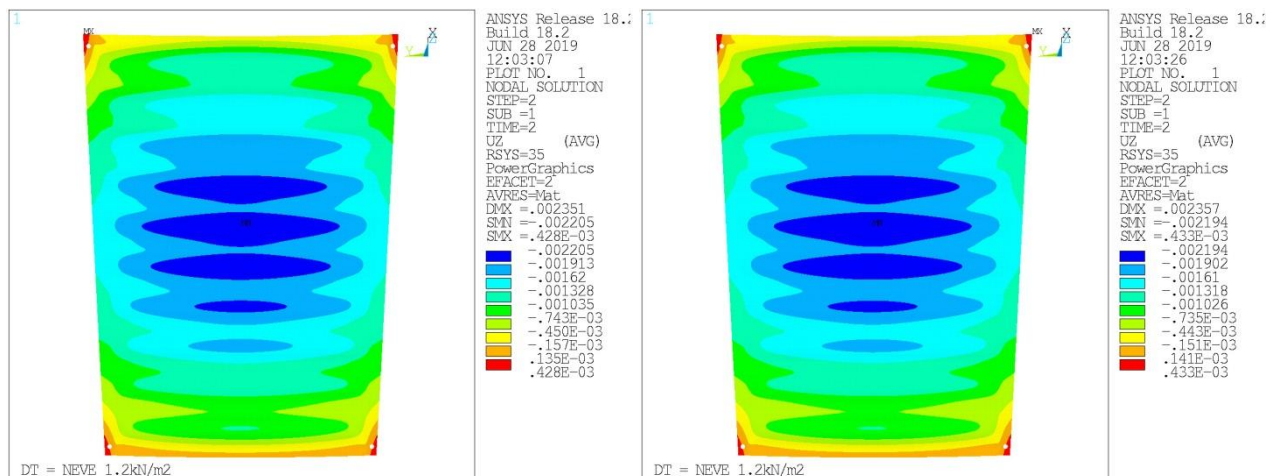


Figura 6-116– Neve. Componente di spostamento normale al piano secante del pannello - geometria geo1_a (SX) e geo2_a(DX)

6.7.2. Azioni e sforzi massimi negli spezzoni di collegamento del pannello

GEOMETRIA geo1 a

SFORZI NEGLI SPEZZONI DI ANCORAGGIO
ESTREMO INFERIORE

| ELEMENTO | Nx | Vy | Vz | Mt | My | Mz | M | V |
|----------|------------|------------|-----------|------------|------------|------------|-----------|-----------|
| 82841. | -0.106E+01 | -0.124E+00 | 0.712E+00 | -0.280E-14 | -0.393E-01 | -0.684E-02 | 0.399E-01 | 0.723E+00 |
| 83848. | -0.107E+01 | 0.823E+00 | 0.112E+00 | -0.638E-05 | -0.616E-02 | 0.454E-01 | 0.458E-01 | 0.831E+00 |
| 84790. | -0.107E+01 | -0.823E+00 | 0.111E+00 | 0.638E-05 | -0.615E-02 | -0.454E-01 | 0.458E-01 | 0.831E+00 |
| 85802. | -0.106E+01 | 0.124E+00 | 0.712E+00 | 0.296E-14 | -0.393E-01 | 0.685E-02 | 0.399E-01 | 0.723E+00 |
| MINIMI | -0.107E+01 | -0.823E+00 | 0.111E+00 | -0.638E-05 | -0.393E-01 | -0.454E-01 | 0.399E-01 | 0.723E+00 |
| MASSIMI | -0.106E+01 | 0.823E+00 | 0.712E+00 | 0.638E-05 | -0.615E-02 | 0.454E-01 | 0.458E-01 | 0.831E+00 |

| ELEMENTO | Sigma+ | Sigma- | Tau_V | Tau_T | Tau_tot |
|----------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|
| 82841. | 0.232E+06 | -0.251E+06 | 0.867E+04 | 0.845E-08 | 0.867E+04 |
| 83848. | 0.267E+06 | -0.286E+06 | 0.996E+04 | 0.193E+02 | 0.998E+04 |
| 84790. | 0.267E+06 | -0.287E+06 | 0.996E+04 | 0.193E+02 | 0.998E+04 |
| 85802. | 0.232E+06 | -0.251E+06 | 0.867E+04 | 0.895E-08 | 0.867E+04 |
| MINIMI | 0.232E+06 | -0.287E+06 | 0.867E+04 | 0.845E-08 | 0.867E+04 |
| MASSIMI | 0.267E+06 | -0.251E+06 | 0.996E+04 | 0.193E+02 | 0.998E+04 |

ESTREMO SUPERIORE

| ELEMENTO | Nx | Vy | Vz | Mt | My | Mz | M | V |
|----------|------------|------------|-----------|------------|------------|------------|-----------|-----------|
| 82841. | -0.106E+01 | -0.124E+00 | 0.712E+00 | -0.280E-14 | -0.303E-02 | -0.526E-03 | 0.307E-02 | 0.723E+00 |
| 83848. | -0.107E+01 | 0.823E+00 | 0.112E+00 | -0.638E-05 | -0.469E-03 | 0.340E-02 | 0.343E-02 | 0.831E+00 |
| 84790. | -0.107E+01 | -0.823E+00 | 0.111E+00 | 0.638E-05 | -0.469E-03 | -0.340E-02 | 0.344E-02 | 0.831E+00 |
| 85802. | -0.106E+01 | 0.124E+00 | 0.712E+00 | 0.296E-14 | -0.303E-02 | 0.527E-03 | 0.307E-02 | 0.723E+00 |
| MINIMI | -0.107E+01 | -0.823E+00 | 0.111E+00 | -0.638E-05 | -0.303E-02 | -0.340E-02 | 0.307E-02 | 0.723E+00 |
| MASSIM | -0.106E+01 | 0.823E+00 | 0.712E+00 | 0.638E-05 | -0.469E-03 | 0.340E-02 | 0.344E-02 | 0.831E+00 |

| ELEMENTO | Sigma+ | Sigma- | Tau_V | Tau_T | Tau_tot |
|----------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|
| 82841. | 0.323E+05 | -0.696E+05 | 0.170E+05 | 0.232E-07 | 0.170E+05 |
| 83848. | 0.380E+05 | -0.759E+05 | 0.195E+05 | 0.529E+02 | 0.196E+05 |
| 84790. | 0.380E+05 | -0.759E+05 | 0.195E+05 | 0.529E+02 | 0.196E+05 |
| 85802. | 0.323E+05 | -0.696E+05 | 0.170E+05 | 0.246E-07 | 0.170E+05 |
| MINIMI | 0.323E+05 | -0.759E+05 | 0.170E+05 | 0.232E-07 | 0.170E+05 |
| MASSIM | 0.380E+05 | -0.696E+05 | 0.195E+05 | 0.529E+02 | 0.196E+05 |

GEOMETRIA geo2 a

SFORZI NEGLI SPEZZONI DI ANCORAGGIO
ESTREMO INFERIORE

| ELEMENTO | Nx | Vy | Vz | Mt | My | Mz | M | V |
|----------|------------|------------|-----------|------------|------------|------------|-----------|-----------|
| 82841. | -0.106E+01 | -0.169E+00 | 0.689E+00 | -0.250E-14 | -0.381E-01 | -0.932E-02 | 0.392E-01 | 0.709E+00 |
| 83848. | -0.108E+01 | 0.847E+00 | 0.139E+00 | -0.796E-05 | -0.768E-02 | 0.467E-01 | 0.473E-01 | 0.858E+00 |
| 84790. | -0.108E+01 | -0.839E+00 | 0.142E+00 | 0.811E-05 | -0.782E-02 | -0.463E-01 | 0.469E-01 | 0.851E+00 |
| 85802. | -0.106E+01 | 0.166E+00 | 0.688E+00 | 0.297E-14 | -0.380E-01 | 0.915E-02 | 0.391E-01 | 0.708E+00 |
| MINIMI | -0.108E+01 | -0.839E+00 | 0.139E+00 | -0.796E-05 | -0.381E-01 | -0.463E-01 | 0.391E-01 | 0.708E+00 |
| MASSIMI | -0.106E+01 | 0.847E+00 | 0.689E+00 | 0.811E-05 | -0.768E-02 | 0.467E-01 | 0.473E-01 | 0.858E+00 |

| ELEMENTO | Sigma+ | Sigma- | Tau_V | Tau_T | Tau_tot |
|----------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|
| 82841. | 0.227E+06 | -0.246E+06 | 0.850E+04 | 0.757E-08 | 0.850E+04 |
| 83848. | 0.276E+06 | -0.296E+06 | 0.103E+05 | 0.241E+02 | 0.103E+05 |
| 84790. | 0.274E+06 | -0.293E+06 | 0.102E+05 | 0.245E+02 | 0.102E+05 |
| 85802. | 0.227E+06 | -0.246E+06 | 0.849E+04 | 0.897E-08 | 0.849E+04 |
| MINIMI | 0.227E+06 | -0.296E+06 | 0.849E+04 | 0.757E-08 | 0.849E+04 |
| MASSIMI | 0.276E+06 | -0.246E+06 | 0.103E+05 | 0.245E+02 | 0.103E+05 |

ESTREMO SUPERIORE

| ELEMENTO | Nx | Vy | Vz | Mt | My | Mz | M | V |
|----------|------------|------------|-----------|------------|------------|------------|-----------|-----------|
| 82841. | -0.106E+01 | -0.169E+00 | 0.689E+00 | -0.250E-14 | -0.293E-02 | -0.717E-03 | 0.301E-02 | 0.709E+00 |
| 83848. | -0.108E+01 | 0.847E+00 | 0.139E+00 | -0.796E-05 | -0.585E-03 | 0.350E-02 | 0.355E-02 | 0.858E+00 |
| 84790. | -0.108E+01 | -0.839E+00 | 0.142E+00 | 0.811E-05 | -0.596E-03 | -0.347E-02 | 0.352E-02 | 0.851E+00 |
| 85802. | -0.106E+01 | 0.166E+00 | 0.688E+00 | 0.297E-14 | -0.293E-02 | 0.704E-03 | 0.301E-02 | 0.708E+00 |
| MINIMI | -0.108E+01 | -0.839E+00 | 0.139E+00 | -0.796E-05 | -0.293E-02 | -0.347E-02 | 0.301E-02 | 0.708E+00 |
| MASSIM | -0.106E+01 | 0.847E+00 | 0.689E+00 | 0.811E-05 | -0.585E-03 | 0.350E-02 | 0.355E-02 | 0.858E+00 |

| ELEMENTO | Sigma+ | Sigma- | Tau_V | Tau_T | Tau_tot |
|----------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|
| 82841. | 0.313E+05 | -0.687E+05 | 0.167E+05 | 0.208E-07 | 0.167E+05 |
| 83848. | 0.399E+05 | -0.778E+05 | 0.202E+05 | 0.660E+02 | 0.202E+05 |
| 84790. | 0.394E+05 | -0.774E+05 | 0.200E+05 | 0.672E+02 | 0.201E+05 |
| 85802. | 0.312E+05 | -0.686E+05 | 0.166E+05 | 0.246E-07 | 0.166E+05 |
| MINIMI | 0.312E+05 | -0.778E+05 | 0.166E+05 | 0.208E-07 | 0.166E+05 |
| MASSIM | 0.399E+05 | -0.686E+05 | 0.202E+05 | 0.672E+02 | 0.202E+05 |

6.7.3. Sforzi massimi nel pannello

Come di consueto si generano dei picchi ai quattro vertici in corrispondenza della interfaccia tra la Z tangente di bordo e la Z radiale. In tale zona la continuità delle piattabande superiori delle Z è affidata alla sola "pelle" del pannello. I valori di picco associati alla mesh utilizzata sono di circa 190MPa.

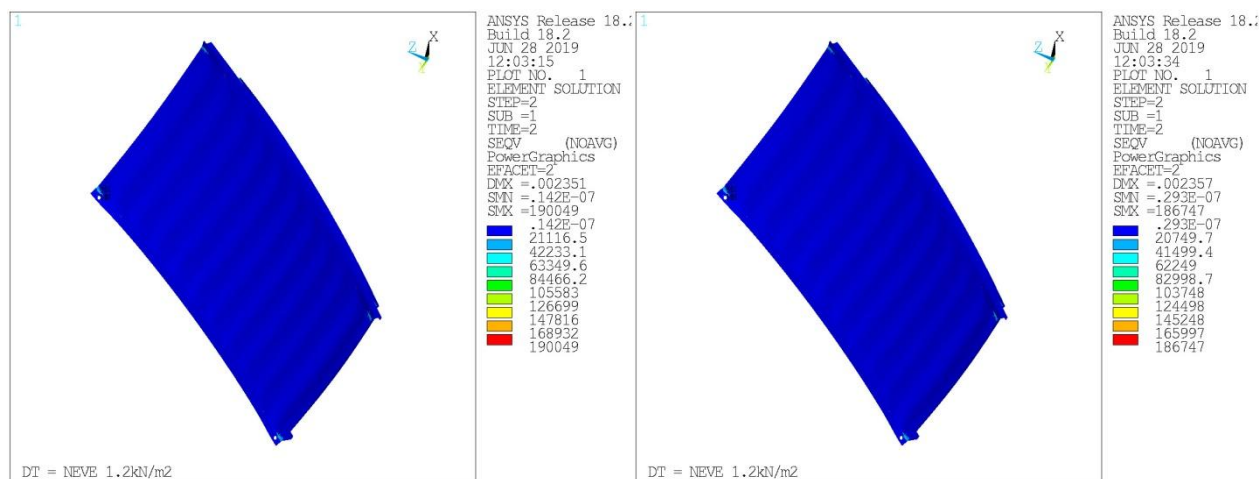


Figura 6-117– Neve. Picchi di sforzo nel pannello - geometria geo1_a (SX) e geo2_a(DX)

6.7.4. Sforzi massimi nelle piastre di ancoraggio degli spezzoni

Anche in questa condizione di carico, come evidenziato in Figura 6-118, la flessione della piastra di nodo è diversa sui due lati dell'attuatore a causa del diverso braccio del carico essenzialmente verticale trasmesso dalla neve.

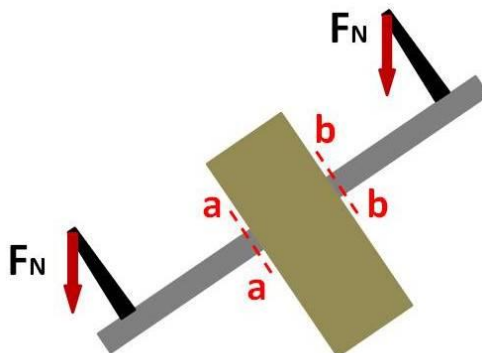


Figura 6-118– Neve. Trasmissione dei carichi alla piastra portaspezzoni

Gli sforzi massimi sulle piastre (nella configurazione “tipo a” e quindi con piastre di spessore 8mm) valgono circa 200MPa.

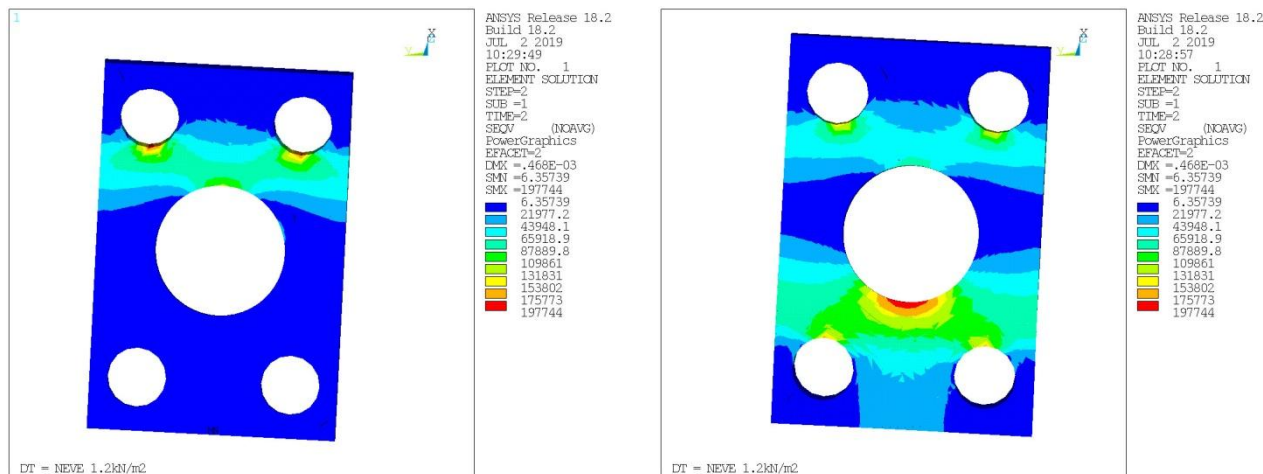


Figura 6-119– Neve geometria geo1_a. Sforzi equivalenti nelle piastre di ancoraggio degli spezzoni. Piastra esterna Ring VI (SX) Piastra interna Ring V-VI (DX)

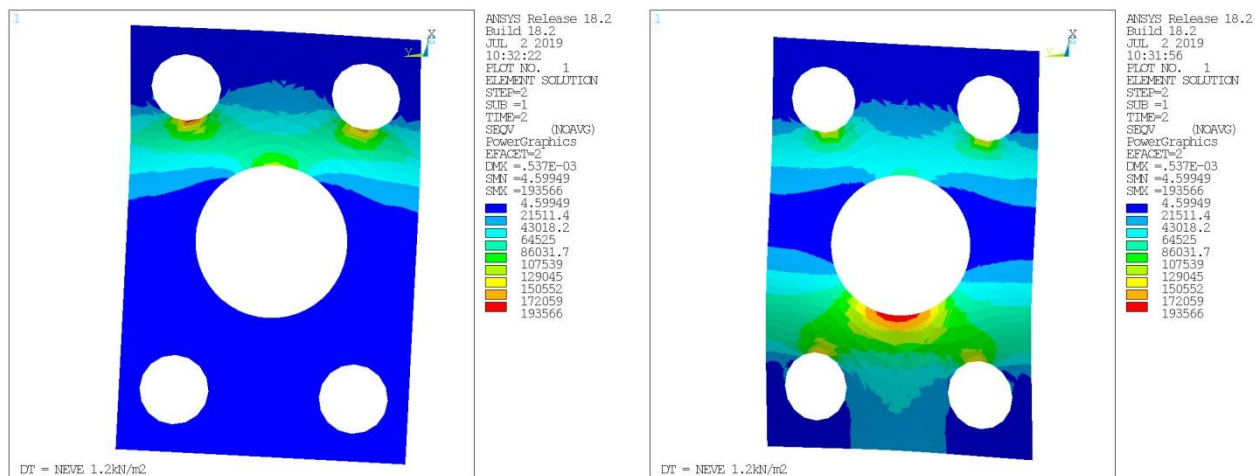


Figura 6-120 Neve geometria geo2_a. Sforzi equivalenti nelle piastre di ancoraggio degli spezzoni. Piastra esterna Ring VI (SX) Piastra interna Ring V-VI (DX)

7. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Nei capitoli precedenti sono state descritte in dettaglio le analisi condotte su diverse configurazioni del nuovo pannello tipico del VI anello, che costituisce parte dello specchio primario del radiotelescopio Ø32m di Medicina.

Le varie configurazioni analizzate sono state ottenute apportando le modifiche via via suggerite dai risultati ad una configurazione base di progetto.

Le principali modifiche sono consistite in:

- aumento dello spessore delle piastre cui sono connessi gli spezzoni, tale modifica è stata suggerita dalla necessità di ridurre lo stato di sollecitazione e di aumentarne la rigidità, per ridurre i tilt rigidi del pannello associati alle deformate di natura termica.
- Aumento del diametro (almeno il diametro inferiore) degli spezzoni, per diminuirne lo stato di sollecitazione e consentire, eventualmente, la sua realizzazione mediante l'utilizzo di acciai meno pregiati e performanti.
- Spostamento degli spezzoni esterni sul foro interno della piastra (ripristinando il dettaglio tipico degli anelli I-V di pannelli), al fine di ridurre i tilt rigidi innescati dalle deformate termiche. Tale modifica ha anche consentito una riduzione della deformabilità per i carichi normali al pannello (gravità, vento), in virtù della ridotta luce libera tra gli spezzoni e dell'effetto benefico del carico sulla parte di pannello a sbalzo.

Tutte le modifiche sono state ampiamente documentate e commentate nei capitoli precedenti cui rimandiamo per maggiori informazioni.

Ora, prima di concludere, vogliamo ricapitolare in modo sintetico le prestazioni delle diverse configurazioni esaminate per le principali condizioni di carico (gravità, variazioni termiche, vento) sia in termini di deformabilità (parametro RMS1) che di sollecitazioni massime su piastre di ancoraggio spezzoni e sugli spezzoni stessi.

Come già riportato nei capitoli iniziali sottolineiamo che le parti strutturali appartenenti al paraboloide originario non costituiscono oggetto di verifica del presente documento. Citiamo tra queste le piastre in acciaio alla base degli attuatori. Segnaliamo tuttavia che in parecchie condizioni di carico tali piastre risultano sottoposte a sforzi assai elevati, ben al di là dei limiti elastici del materiale.

7.1. Deformabilità del pannello

In *Figura 7-121* ed in *Figura 7-122* si riportano i valori di RMS1, valutati sulla geometria geo1, rispettivamente per gravità normale e laterale al pannello. La *Figura 7-123* invece è relativa alla deformata indotta dalla gravità laterale sulla geometria geo2.

In *Figura 7-124* si riportano i valori di RMS1 relativi alle deformate termiche, sulle due geometrie geo1 e geo2, sia per le deformate totali ottenute direttamente dalle analisi, sia per le deformate depurate da moti e tilt rigidi.

In *Figura 7-125* si riportano i valori di RMS1 relativi alle deformate indotte dal vento limite di esercizio frontale o laterale, sulle due geometrie geo1 e geo2.

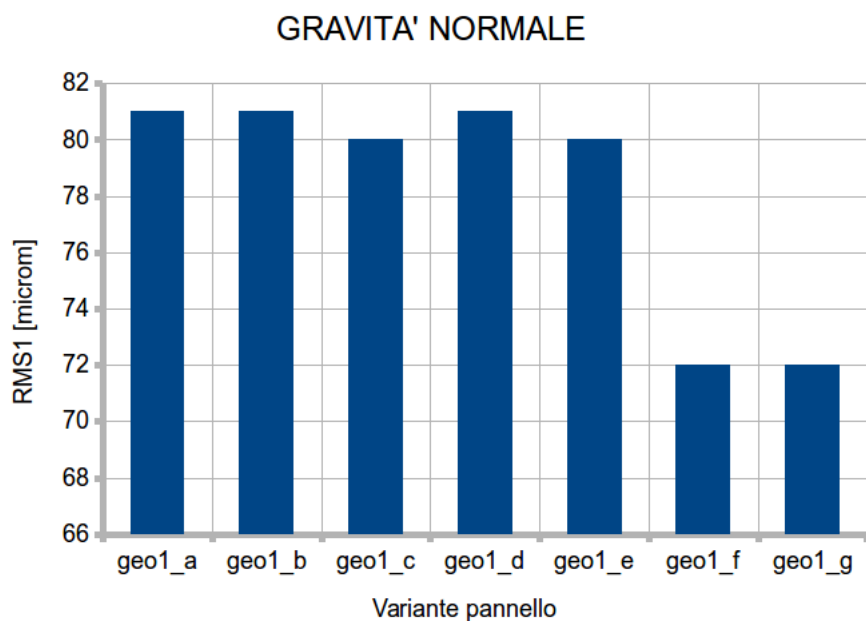


Figura 7-121 : RMS1 deformata per gravità normale al pannello - Geometria geo1

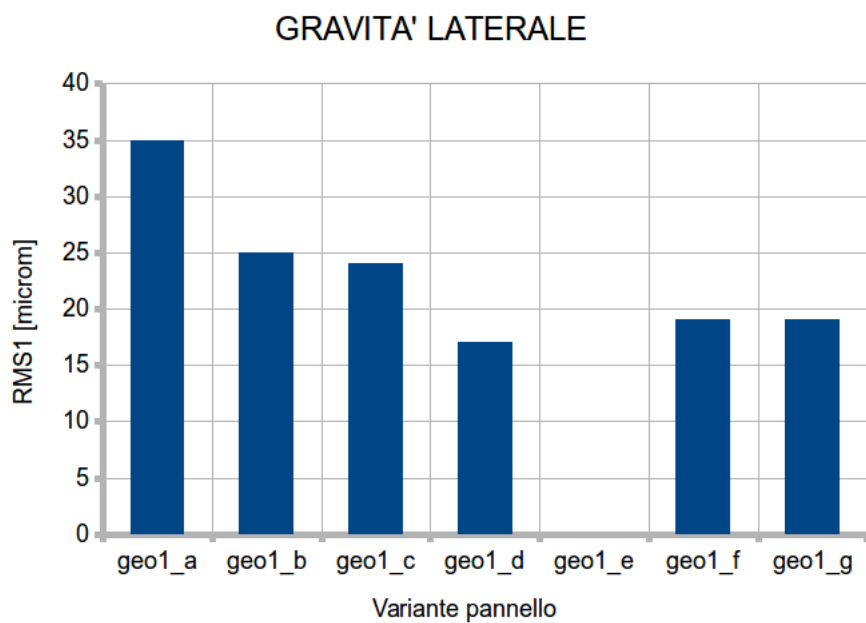


Figura 7-122 :: RMS1 deformata per gravità laterale - Geometria geo1

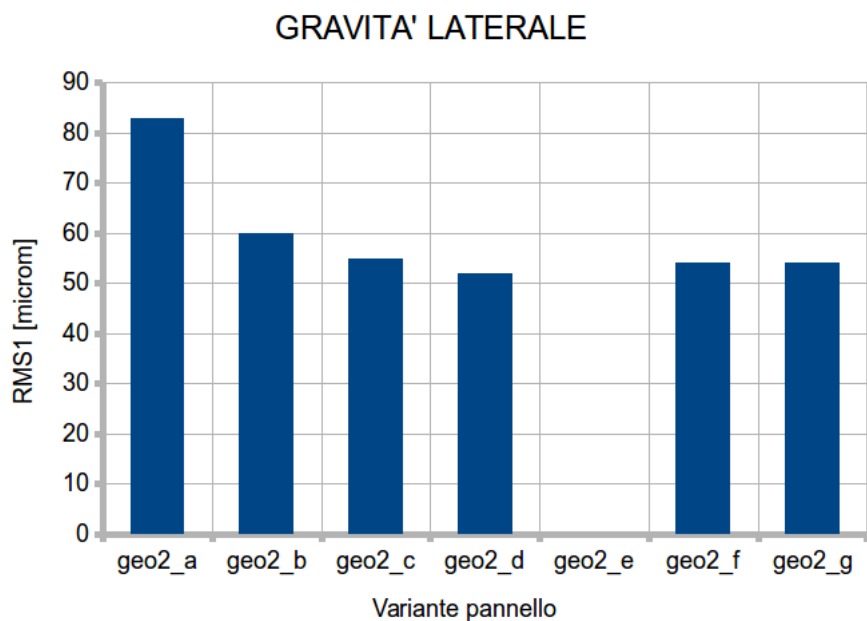


Figura 7-123—: RMS1 deformata per gravità laterale – Geometria geo2

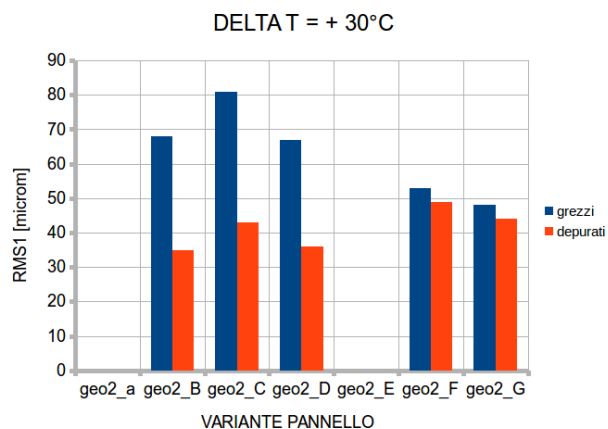
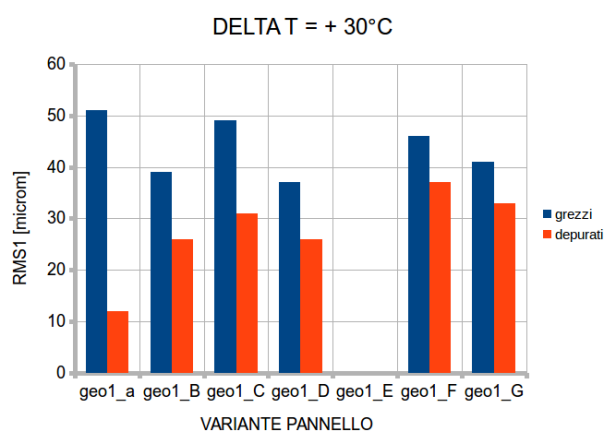


Figura 7-124—: RMS1 deformata indotta da una variazione termica uniforme $\Delta T = +30^\circ\text{C}$ - Geometria geo1 (SX) geo2 (DX)

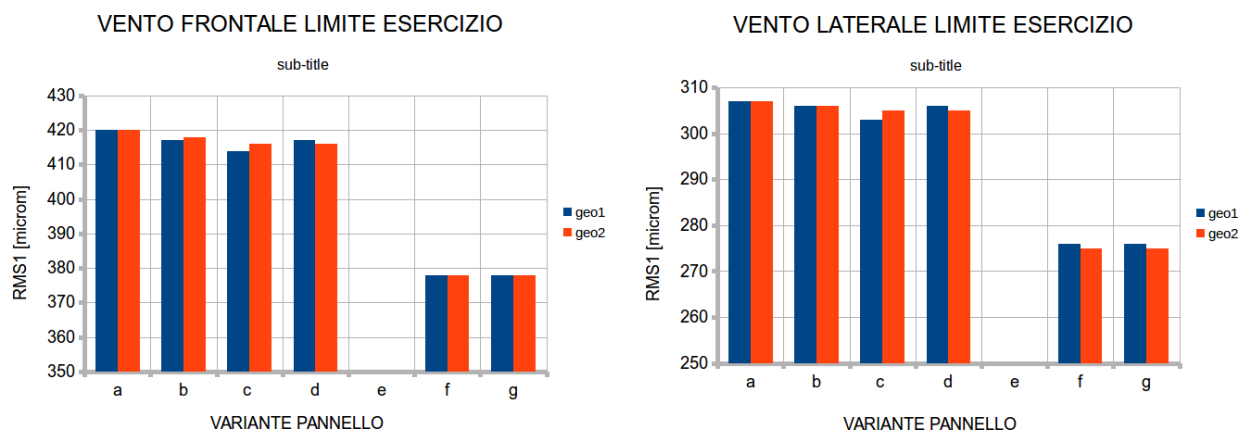


Figura 7-125—RMS1 deformata indotta dal vento limite di esercizio – Vento frontale (SX) vento laterale (DX)

7.2. Sforzi massimi nelle piastre di ancoraggio degli spezzoni

In Figura 7-126 si riportano i valori di sforzi massimi nelle piastre di ancoraggio degli spezzoni per la loading termica.

La Figura 7-127 invece si riferisce agli effetti del vento laterale di sopravvivenza, sia per i valori del progetto originario, che per quelli di Normativa.

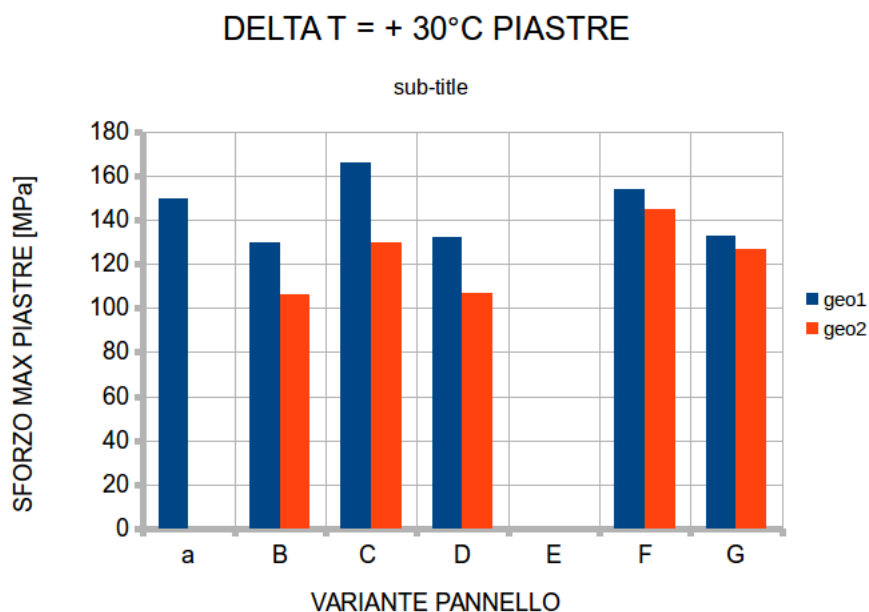


Figura 7-126– Variazione termica uniforme $\Delta T=+30^{\circ}\text{C}$ - sforzi massimi nelle piastre di ancoraggio degli spezzoni

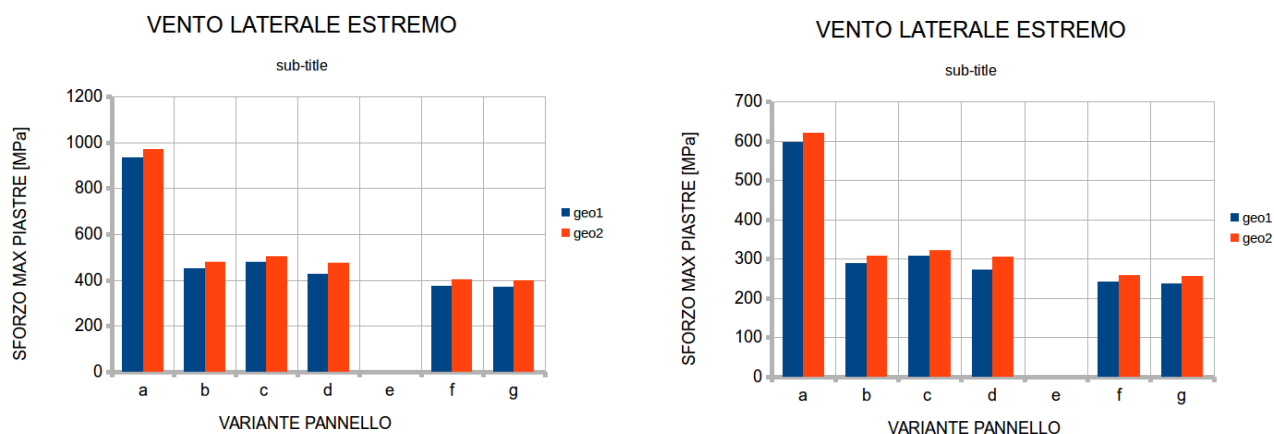


Figura 7-127–: Vento laterale estremo - sforzi massimi nelle piastre di ancoraggio degli spezzoni – Vento di progetto (SX) vento di normativa (DX)

7.3. Sforzi massimi negli spezzoni di collegamento dei pannelli

In Figura 7-128 si riportano i valori di sforzi massimi negli spezzoni per la loading termica.

La Figura 7-129 invece si riferisce agli effetti del vento laterale di sopravvivenza, sia per i valori del progetto originario, che per quelli di Normativa.

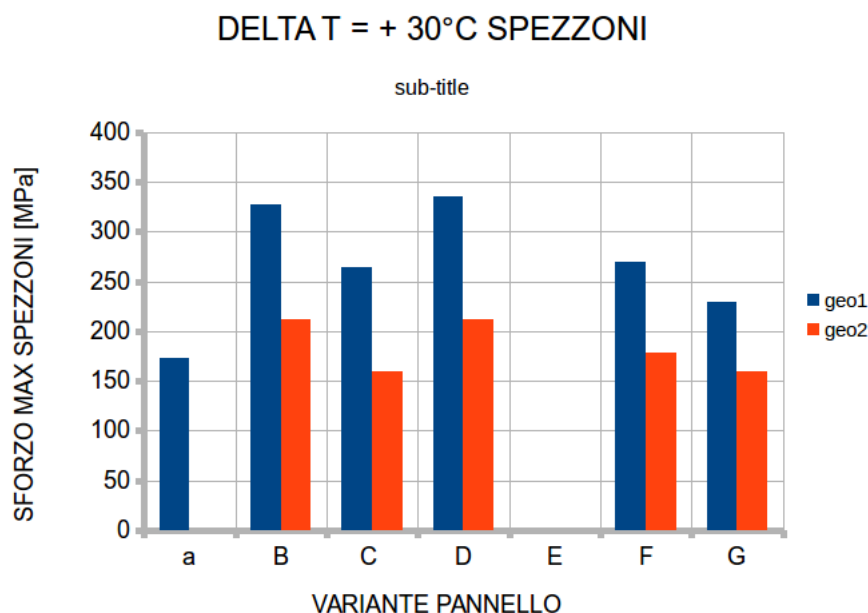


Figura 7-128–: Variazione termica uniforme $\Delta T=+30^{\circ}\text{C}$ - sforzi massimi negli spezzoni di ancoraggio dei pannelli

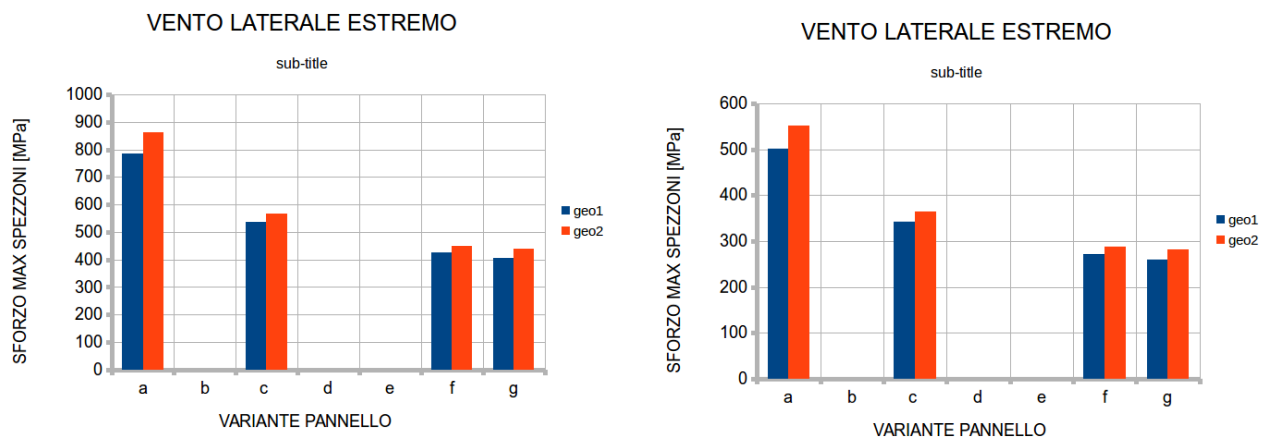


Figura 7-129–: Vento laterale estremo - sforzi massimi negli spezzoni – Vento di progetto (SX) vento di normativa (DX)

In conclusione, alla luce dei risultati sopra riassunti, la configurazione “tipo g” appare la più vantaggiosa tra quelle esaminate.

8. ACRONIMI e SIMBOLI

| | |
|-------------|--|
| CFD | Computational Fluid Dynamics |
| IRA | Istituto di RadioAstronomia |
| FEA | Finite Element Analysis |
| FEM | Finite Element Model |
| PtoV | Picco-Valle |
| TBA | To Be Assessed |
| TBC | To Be Controlled |
| TBD | To Be Defined |
| Un | Componente di spostamento normale al piano passante per i quattro vertici del pannello |